

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

Dipartimento di Architettura

Dottorato di Ricerca in Tecnologia dell'Architettura e Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente

XXVI ciclo

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DELL'EDILIZIA SCOLASTICA

Scenari di “progressive upgrade” per le scuole del Comune di Napoli

Dottoranda: arch. Emilia Alborelli

Tutor: prof. arch. Mario Losasso

Co-tutor: prof. arch. Maria Cerreta

Il Coordinatore

prof. arch. Mario Losasso

INDICE

Introduzione e struttura della ricerca	5
--	---

PARTE PRIMA

1. Riqualificazione energetica, politiche tecniche e programmi per l'efficienza energetica e per la qualità ambientale	
1.1 La riqualificazione energetica	10
1.2 Le politiche tecniche per l'efficienza energetica	16
1.2.1 <i>Quadro Normativo Comunitario</i>	16
1.2.2 <i>Quadro Normativo Nazionale</i>	23
1.3 I programmi per l'efficienza energetica dell'edilizia scolastica	33
1.3.1 <i>Programmi U.S.A.</i>	33
1.3.2 <i>Programmi Europei</i>	34
1.3.3 <i>Programmi Nazionali</i>	38
1.4 I metodi analitici per la valutazione della qualità globale dell'edificio	44
2. La riqualificazione energetica del patrimonio scolastico in Italia: criticità e principali tendenze	
2.1 L'edilizia scolastica in Italia tra il XIX e il XX secolo	47
2.2 Le criticità del patrimonio scolastico	55
2.3 Le buone pratiche di riqualificazione energetica	64
2.4 Verso una riqualificazione progressiva	73

PARTE SECONDA

3. Il patrimonio edilizio scolastico del Comune di Napoli	
3.1 Il contesto della città di Napoli	78
3.2 L'anagrafe dell'edilizia scolastica Comunale: individuazione delle caratteristiche morfologiche, tecnologiche e impiantistiche	81
3.1.1 <i>Consistenza ed epoca di costruzione</i>	82
3.1.2 <i>Tipologie edilizie e schemi distributivi ricorrenti</i>	83
3.1.3 <i>Tipologie costruttive ricorrenti</i>	89
3.1.4 <i>Dotazioni impiantistiche ricorrenti</i>	90
3.1.5 <i>La scelta dei casi studio</i>	102
4. Casi studio	
4.1 Schedatura critica delle scuole campione	106
4.1.1 <i>Schede di analisi</i>	114
4.2 Le criticità e strategie di intervento	169
4.3 La valutazione degli scenari	180
4.3.1 <i>La selezione dei criteri e degli indicatori</i>	181
4.3.2 <i>La costruzione della matrice di valutazione multicriterio</i>	184
4.3.3 <i>Il metodo Evamix</i>	186
4.3.4 <i>Il software Definite</i>	187
5. Il caso applicativo: I.C.S. 26° Imbriani "Plesso Borelli"	
5.1 Analisi multicriterio e individuazione degli scenari preferibili	190
5.2 Definizione degli scenari di progressive upgrade: da UP_1 ad UP_4	204
5.3 Conclusioni e prospettive di ricerca	206

Bibliografia e Sitografia

Introduzione e struttura della ricerca

Ambito generale di riferimento

Quello della riqualificazione energetica è un tema ricorrente al giorno d'oggi, dato che il patrimonio edilizio del nostro Paese è responsabile del 36% dei consumi energetici italiani¹ e versa, tutto o quasi, in condizioni di degrado ed obsolescenza, tanto da richiedere un urgente e significativo intervento di riqualificazione. Tale condizione si deve soprattutto al fatto che il 70% degli edifici, siano essi residenziali o non residenziali (quindi strutture pubbliche o aziende), sono stati realizzati nel trentennio compreso fra gli anni '50 e gli anni '80, precedentemente all'introduzione delle prime norme sull'efficienza energetica in edilizia. Inoltre un quarto del patrimonio edilizio non ha mai subito in date successive interventi di manutenzione o riqualificazione che avrebbero potuto migliorare la situazione sul fronte del rendimento energetico.

Tra le priorità della politica energetica nazionale di fondamentale importanza è la promozione dell'efficienza energetica, alla quale si associa il perseguimento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico, della riduzione dei costi dell'energia per le imprese e i cittadini, della promozione di filiere tecnologiche innovative e della tutela ambientale, anche in relazione alla riduzione delle emissioni climalteranti.

Le trasformazioni e le novità introdotte dalle normative in atto, nell'ambito dell'efficienza energetica degli edifici, indirizzano il Governo, le Regioni e le Amministrazioni locali ad introdurre nuovi standard e metodologie non solo per la nuova edificazione, ma anche per gli interventi sugli edifici esistenti, con particolare riferimento all'edilizia pubblica, come evidenziato anche dalle direttive comunitarie 91/2002/CE, 31/2010/CE e dalla recente 2012/27/UE che sottolineano come gli edifici pubblici svolgano un ruolo di esempio nella società

¹ Quadro che emerge dal rapporto *Energy Efficiency Report*, realizzato dall'Energy & Strategy Group del Politecnico di Milano.

civile e vengano dunque individuati come elemento fondamentale per la diffusione della cultura dell'efficienza energetica.

Un settore di rilievo in cui l'azione di sensibilizzazione nei confronti delle problematiche energetiche può essere particolarmente efficace è rappresentato dall'edilizia scolastica che, oltre ad essere una cospicua parte dell'intero patrimonio pubblico, ha elevati costi e consumi energetici.

Gli indirizzi in materia di riqualificazione energetica degli edifici scolastici richiedono un approccio in cui lo sviluppo di progetti pilota può costituire una Best Practice per altri contesti edilizi analoghi con il vantaggio di dare: slancio all'economia, migliorare la qualità della vita e ridurre il peso complessivo degli edifici sull'ambiente.

In particolare il contributo è relativo agli edifici scolastici del Comune di Napoli (asili nido, materne, elementari e secondarie di primo grado). La scelta di tale contesto operativo è motivata dal fatto che la ricerca si inserisce sia nelle reti di eccellenza del progetto TECnologie e Monitoraggio Ambientale per la Sostenibilità delle Aree Vaste (TEMASAV), i cui risultati devono avere ricadute a livello locale e regionale, sia nell'accordo di collaborazione scientifica stipulato tra il Dipartimento di Progettazione Urbana e di Urbanistica - DPUU, Università degli Studi di Napoli Federico II - e il Comune di Napoli.

Obiettivi della ricerca

La ricerca si prefigge l'obiettivo di individuare degli scenari di progressive upgrade energetico finalizzati ad un incremento progressivo delle prestazioni energetiche degli edifici scolastici esistenti, riducendo i consumi energetici, le emissioni climalteranti e di conseguenza migliorando il comfort degli ambienti interni.

Lo scopo è di fornire ai progettisti e ai tecnici della Pubblica Amministrazione e del settore edile in generale uno strumento di supporto ed una metodologia di programmazione e pianificazione degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici, al fine di ottimizzare la gestione dei servizi energetici da parte della Pubblica Amministrazione, in base, anche, alle reali risorse economiche.

Fasi della ricerca

L'attività di ricerca si divide in due parti:

Una prima parte, costituita da una fase di carattere analitico-conoscitivo, finalizzata all'acquisizione di conoscenze generiche e specifiche sullo stato dell'arte, articolata in due capitoli. Un primo capitolo di carattere generale, che oltre a trattare il tema della riqualificazione energetica, le politiche tecniche e i programmi internazionali e nazionali, che stabiliscono indirizzi volti a promuovere l'efficienza energetica in edilizia, approfondisce i metodi di valutazione della qualità globale degli edifici. Un secondo capitolo di carattere specifico che analizza il patrimonio scolastico italiano per quel che concerne la sua evoluzione, le criticità e le tendenze di riqualificazione energetica individuate dalle buone pratiche nazionali.

Una seconda parte, invece, suddivisa in due fasi: una di carattere analitico-critico l'altra di carattere applicativo.

La fase analitico-critica è finalizzata all'individuazione delle caratteristiche e delle criticità che contraddistinguono il patrimonio scolastico del Comune di Napoli. In questa fase è stata, quindi, analizzata l'anagrafe dell'edilizia scolastica comunale da cui sono stati estrapolati dati relativi all'epoca costruttiva e alle caratteristiche tipologiche, tecnologiche e impiantistiche ricorrenti. Tale indagine è stata fondamentale per la selezione dei casi studio da cui sono emerse le criticità tecnologiche, energetiche e ambientali, attraverso una metodologia esigenziale/prestazionale che si è avvalsa delle norme UNI e dei Protocolli Nazionali e Internazionali. Successivamente sono stati individuati gli interventi di riqualificazione energetica e selezionati solo quelli relativi al sistema "involucro-impianto" in quanto verificabili con l'utilizzo di un software per la certificazione energetica (*Bestclass*).

Al fine di individuare, nella fase successiva, attraverso l'analisi multicriterio prima, la soluzione preferibile fra più alternative previste da alcuni interventi (chiusure verticali opache/trasparenti e coperture) e, poi, gli scenari preferibili vengono definiti i criteri e gli indicatori per costruire una matrice di valutazione multicriterio.

Infine, la fase di carattere applicativo è finalizzata all'individuazione degli Scenari di Progressive Upgrade Energetico. In questa fase, individuato il caso applicativo tra quelli esaminati in precedenza, vengono rilevati, attraverso la metodologia di calcolo della certificazione energetica² (utilizzando il software *BestClass TS11300 ver. 2.0*), i dati riferiti agli indicatori energetici da inserire nella matrice di valutazione multicriterio. Viene, altresì, effettuata un'analisi multicriterio (utilizzando il software *Definite 2.0*) per individuare prima la soluzione preferibile e poi gli scenari preferibili tra più alternative disponibili (opzioni), ottenute associando fra loro 2, 3, 4 e 5 interventi.

Le fasi di ricerca descritte sono state condotte mediante indagini bibliografiche, sitografiche, sopralluoghi tecnici presso gli edifici scolastici costituenti i casi studio della tesi, conferenze, incontri e colloqui con gli Assessori all'Urbanistica e alla Scuola e Istruzione del Comune di Napoli, con funzionari tecnici dell'edilizia scolastica e degli uffici tecnici delle singole municipalità preposti alla manutenzione ordinaria e straordinaria degli edifici scolastici, con tecnici delle aziende del settore, della società "Napoli Servizi", con Dirigenti scolastici, Docenti e Personale A.T.A.

² metodologia di calcolo definita dalle norme UNI TS 11300

1. Riqualificazione energetica, politiche tecniche e programmi per l'efficienza energetica e per la qualità ambientale

Negli ultimi trent'anni le questioni relative al deterioramento della qualità dell'ambiente in cui viviamo, al progressivo riscaldamento del pianeta e all'esigenza di fare i conti con alcune risorse energetiche in esaurimento e sempre più costose stanno condizionando le politiche ambientali ed energetiche a livello internazionale.

A partire dagli anni '90, in particolare dalla Conferenza Internazionale su Ambiente e Sviluppo di Rio de Janeiro, (1992) si è cominciato a prendere coscienza della necessità di individuare soluzioni per risolvere le questioni ambientali più importanti fra cui il surriscaldamento globale. Sono stati perciò redatti dei *protocolli* che stabiliscono i limiti entro cui ridurre le emissioni inquinanti in atmosfera. Tra questi è da ricordare il Protocollo di Kyoto (in vigore dal 2005) che vincolava, nel periodo 2008-2012, tutti i Paesi industrializzati (Paesi Annex I) a ridurre le loro emissioni di gas ad effetto serra per un totale del 5% rispetto ai livelli del 1990.

In seguito al penultimo Summit organizzato dalle Nazioni Unite e svoltosi a Doha, in Qatar, nel dicembre 2012 è stato stabilito di estendere tale Protocollo fino al 2020.

In ambito Europeo, la Commissione ha promosso il pacchetto clima-energia "20-20-20" che persegue l'obiettivo strategico di diminuire del 20% le emissioni inquinanti e i consumi energetici e di incrementare della stessa quantità le fonti rinnovabili entro il 2020, affidando al tema dell'efficienza e del risparmio energetico in edilizia un ruolo determinante per il contenimento dei consumi energetici da fonti fossili.

La riduzione degli impatti ambientali e in particolare la riduzione delle emissioni di gas è fortemente legata alla costruzione di edifici a basso consumo energetico e soprattutto alla riqualificazione degli edifici esistenti che attualmente risultano

essere troppo energivori, a causa sia delle tecnologie utilizzate ormai superate sia all'inadeguata gestione da parte di utenti e Pubblica Amministrazione.

Gli edifici, del settore residenziale e terziario, rappresentano il 40% del consumo totale di energia nell'Unione Europea. *“La domanda energetica è cresciuta con tassi medi annui dell' 1,5% passando da un consumo di 30 Mtep agli inizi degli anni settanta agli oltre 40 attuali,”*¹ per cui aumentare l'efficienza energetica degli edifici è dunque una priorità da tre diversi punti di vista: ambientale, quello della sicurezza dell'approvvigionamento energetico e quello della qualità di vita dei cittadini.

L'edilizia, quindi, può rappresentare un enorme potenziale di risparmio energetico applicando standard di efficienza energetica agli edifici pubblici e privati, sia in edifici di nuova costruzione che esistenti. Riguardo questi ultimi se si calcola che circa l'1-2%² viene ristrutturato ogni anno è logico pensare, da un punto di vista economico e operativo, di attuare le adeguate misure di risparmio energetico nel momento in cui un edificio viene ristrutturato. Si può concludere affermando che la riqualificazione degli edifici esistenti presenta un potenziale ancora più elevato.

1.1 La riqualificazione energetica

L'obsolescenza sia fisica che funzionale degli edifici costruiti soprattutto a partire dal secondo dopoguerra richiede interventi edilizi che appartengono al settore della manutenzione, del ripristino e della riqualificazione. Se la manutenzione si caratterizza come *“combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, previste durante il ciclo di vita di un'entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta”*³ e il ripristino è un'azione finalizzata all'eliminazione di trasformazioni successive, la riqualificazione comprende attività volte ad incrementare o introdurre nuove

¹ Cfr. Bellomo M., Losasso M., *“Visione Globale. L'efficienza non può essere valutata in maniera isolata, ma deve misurarsi con la più generale sostenibilità dell'edificio. Che va valutata con un approccio sistemico”*, in *“Costruire”* n.312, maggio 2009, p. 18

² Cfr. Dall'Ò G., *Misure integrate di riqualificazione energetica negli edifici INTEREB, INTEGRATED Energy RETrofitting in Buildings*, Progetto Europeo, Milano 2005, p.1

³ Definizione estrapolata dalle Norme UNI EN 13306

qualità e prestazioni edilizie originariamente non previste, in osservanza alle nuove disposizioni normative o alle nuove esigenze dei fruitori.

In particolare nell'ambito del settore della riqualificazione edilizia si inserisce la riqualificazione energetica o retrofit⁴ o upgrade⁵ energetico.

Per riqualificazione energetica dell'edificio si intendono tutte le operazioni, tecnologiche e gestionali, atte al conferimento di una nuova (prima inesistente) o superiore (prima inadeguata) qualità prestazionale alle costruzioni esistenti dal punto di vista dell'efficienza energetica, volte cioè alla razionalizzazione dei flussi energetici che intercorrono tra sistema edificio (involucro e impianti) ed ambiente esterno.

In generale, gli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, edificato in un'epoca in cui il problema dei consumi energetici per la climatizzazione e l'illuminazione artificiale aveva una scarsa rilevanza, sono finalizzati a:

- ridurre le emissioni di inquinanti e il relativo impatto sull'ambiente;
- contenere i consumi di energia;
- migliorare il comfort degli ambienti interni;
- utilizzare in modo razionale le risorse, attraverso lo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili in sostituzione dei combustibili fossili;
- ottimizzare la gestione dei servizi energetici;

Per incidere significativamente sui consumi finali di energia, il progetto architettonico e impiantistico deve partire da un'analisi approfondita del comportamento energetico dell'edificio esistente, tenendo conto dei fattori di dispersione termica o di mancata efficienza dovuti a errori di progettazione e costruzione, nonché al degrado di elementi tecnici e impiantistici, che metta in evidenza le azioni principali, in grado di garantire una riqualificazione vantaggiosa, che interessano sia il sistema tecnologico, sia la gestione energetica dell'edificio, e riguardano fondamentalmente:

⁴Vocabolo impiegato principalmente nei paesi anglosassoni composto da retro(active) retroattivo e (re)fit riparazione.

⁵Vocabolo utilizzato principalmente in America che significa, come sostantivo, miglioramento, potenziamento, aggiornamento; come verbo (to upgrade) riqualificare, migliorare la qualità di, elevare, passare ad una classe superiore.

- il miglioramento delle prestazioni termo igrometriche dell'involucro mediante l'inserimento di nuove stratificazioni, a basso valore di trasmittanza ed elevati livelli di sfasamento, (realizzando un isolamento a cappotto o inserendo materiali isolanti nelle intercapedini murarie, realizzando intonaci coibenti, ecc.);
- la sostituzione delle parti trasparenti dell'involucro con prodotti a bassissima trasmittanza (impiegando infissi esterni in alluminio a taglio termico o legno alluminio e doppi o tripli vetri, elementi tecnici di rivestimento, ecc.);
- l'attenta installazione di nuovi sistemi integrati nell'involucro per il controllo del fattore solare (realizzando schermature verticali e orizzontali come brise soleil, tetti/pareti verdi, schermature naturali, pellicole schermanti, ecc.);
- la sostituzione di componenti obsoleti degli impianti di climatizzazione invernale e di illuminazione con altri più efficienti dal punto di vista energetico e con minore impatto sull'ambiente in termini di emissioni prodotte;
- la corretta gestione della ventilazione naturale e del raffrescamento passivo al fine di limitare la diffusione di impianti di condizionamento estivo, responsabili dell'incremento dei consumi elettrici;
- l'introduzione di sistemi attivi per il risparmio energetico e la produzione di "energia pulita" mediante l'inserimento di sistemi solari termici o pannelli fotovoltaici integrati in facciata o in copertura e la sostituzione degli impianti con sistemi ad alta efficienza;
- la revisione della contrattualistica inerente ai servizi energetici (meccanismi di incentivi/disincentivi finanziari);
- l'introduzione di sistemi di contabilizzazione individuale dell'energia per la sensibilizzazione alla riduzione dei consumi.

Il concetto di riqualificazione energetica dell'esistente, correlato a quello di sostenibilità del costruito, è promosso a livello internazionale da politiche che individuano nella necessità di un sostanziale cambiamento nel modo di costruire, di gestire e di mantenere gli edifici esistenti, la chiave di volta, in ambito edilizio, per la salvaguardia dell'ambiente e per la tutela della salute e del benessere dell'uomo. Un'intensa attività di legislazione e di redazione di norme tecniche sul rendimento energetico del costruito definisce parametri di efficienza

sempre più restrittivi e criteri di risparmio sempre più vincolanti, imponendo interventi di adeguamento del patrimonio esistente a standard prestazionali più elevati, ad esempio nelle fasi di progettazione, realizzazione e gestione di un green building.

Nel panorama delle esperienze europee, gli approcci alla riqualificazione energetica edilizia sono da un lato “deep retrofit” e “whole house”, dall’altro più puntuali e attuati secondo differenziate priorità e più bassi standard energetici.

Il Governo tedesco per raggiungere l’obiettivo di riduzione dell’80% della domanda di energia primaria degli edifici esistenti entro il 2050, ha puntato sulla strategia del “deep retrofit” un approccio olistico attento a tutti i livelli del problema che consente di raggiungere una maggiore efficienza energetica attraverso il rinnovo edilizio completo che agisce contemporaneamente su più sub-sistemi dell’edificio (involucro, strutture, impianti) determinando spazi piacevoli e sani. Le soluzioni tecniche sono fra loro prestazionalmente armonizzate, correlando le componenti passive con quelle attive come per esempio l’orientamento con i sistemi meccanici.⁶

Nel Regno Unito la molteplicità dei programmi governativi per il finanziamento degli interventi di retrofit (The Green Deal, The Retrofit for the Future, The Energy Company Obligation-ECO, The Feed in Tariff-Fit, The Renewable Heat Incentive-RHI) evidenzia l’impegno politico e operativo a raccogliere la sfida di ridurre le emissioni di CO₂ dell’80% entro il 2050 rispetto ai livelli del 1990. In particolare sono state adottate due strategie una che si prefigge l’obiettivo di ridurre dell’80% le emissioni di gas serra attraverso un approccio di tipo olistico definito “Whole house” (ovvero che coinvolge l’intera unità abitativa) nel quale edificio, impianti e prestazioni siano concepiti come un tutt’uno e l’altra che, senza ricorrere al principio dell’intervento “whole house” e agli standard “Passivehouse”, si prefigge un obiettivo più credibile che consiste nel ridurre del 60% le emissioni di CO₂ e che prende in considerazione l’esigenza di abbattere i costi di intervento.⁷

⁶ Cfr. Losasso M. “Presentazione” in: Russo Ermolli S., D’Ambrosio, V., (a cura di), *the building retrofit challenge*, Alinea editrice, Firenze 2012, p.8

⁷ Cfr. D’Ambrosio V., “Si può parlare di nzeb quando si opera su edifici esistenti energivori, inquinanti e con scarsa predisposizione alla sostenibilità? In un recente convegno internazionale a

Il Governo Francese, invece, in seguito alla conferenza denominata “*Grenelle Environment*”, organizzata nel 2007, per riflettere sulle misure da attuare, a livello nazionale, per fronteggiare il cambiamento climatico e la sfida energetica, ha promulgato leggi con obiettivi di riqualificazione energetica degli edifici esistenti molto ambiziosi, volti alla riduzione del 12% dei consumi del parco residenziale entro il 2015. Al fine di raggiungere tale obiettivo, sono state individuate una serie di misure di accompagnamento e di incentivazione come:

- sviluppo di piani di formazione, in particolare con l’attivazione di una filiera professionale di specialisti della riqualificazione e di progettisti multidisciplinari;
- sviluppo di strumenti bancari e finanziari adatti a meglio valorizzare i risparmi energetici conseguiti e volti ad accompagnare le famiglie e le imprese;
- sviluppo della cosiddetta “assicurazione-qualità” (comprendente diagnosi energetica, lavori, buone pratiche e indicatori di risultati) e rilancio della ricerca tecnologica;
- un label “BBC riqualificazione” per gli interventi totali e un label “BBC compatibile” per riqualificazioni parziali;
- innalzamento del target energetico per le riqualificazioni;
- incitazione alla realizzazione delle cosiddette “diagnosi informative energia-clima” (miglioramento dell’attuale impostazione della certificazione energetica) e obbligo di riqualificazione per gli edifici più energivori;
- definizione di obiettivi energetici differenziati a seconda del tipo di alloggio in modo da sfruttare tutte le fonti di progresso, in particolare con un piano specifico per gli alloggi sociali e per gli edifici pubblici;
- revisione del quadro normativo e legislativo che ostacola fortemente la riqualificazione energetica e la definizione di nuove regole edilizie più favorevoli all'integrazione delle energie rinnovabili (revisione dei regolamenti edilizi, del codice civile, del codice dell'urbanistica,...)⁸.

Napoli, la sfida europea del retrofit edilizio, le esperienze della Francia e del Regno Unito, in “Modulo” n. 375, novembre-dicembre 2011, p. 12

⁸ Cfr. TORRICELLI M.C., (Focus a cura di) *La riqualificazione energetica: nuova frontiera per tutti o sfida effimera?*, in “Costruire In Laterizio” n. 123, maggio-giugno 2008; p. XIII

l'Italia, a fronte di un quadro a livello europeo sempre più consolidato, sembra aver in parte colmato il divario esistente sotto il profilo normativo nel campo del rendimento energetico degli edifici e della sostenibilità del progetto e della costruzione, attraverso il progressivo perfezionamento delle prescrizioni per gli interventi di nuova costruzione e di retrofit e delle modalità di verifica dei parametri prestazionali energetici, confluite di recente nel Protocollo ITACA 2011 per la valutazione della sostenibilità energetica e ambientale degli edifici nel settore residenziale e terziario. Se da un lato appaiono superate le lacune normative che hanno caratterizzato l'ultimo ventennio, non può dirsi lo stesso del divario esistente fra le diverse realtà territoriali, che vedono le regioni settentrionali (a cominciare dalla Provincia Autonoma di Bolzano e dalla Lombardia) attestarsi su standard qualitativi elevati, in particolare per quanto riguarda gli interventi di edilizia pubblica, mentre nelle regioni meridionali si procede con fatica a far rispettare i requisiti minimi di sostenibilità degli interventi anche a causa delle maggiori difficoltà tecnico-operative, imprenditoriali e professionali.⁹

⁹ Cfr. Leone M., *Strategie progettuali per il retrofit energetico su larga scala: gli esempi di regno Unito e Francia*, in: Russo Ermolli S., D'Ambrosio, V., (a cura di), *the building retrofit challenge*, Alinea editrice, Firenze 2012, p. 144

1.2 Le Politiche tecniche per l'efficienza energetica

Tra le priorità contenute negli ordinamenti di politica governativa comunitaria e nazionale rientra l'emanazione di nuovi indirizzi di politica tecnica per l'efficienza energetica e per la qualità ambientale finalizzati ad una riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera e ad un miglioramento del rendimento energetico degli edifici.

1.1.1 Quadro Normativo Comunitario

La politica energetica nella Comunità Europea è stata dettata mediante l'adozione di comunicazioni aventi funzione di atti di indirizzo politico per gli stati membri.

Nello specifico per quanto attiene il settore dell'edilizia sono state emanate le seguenti direttive¹⁰:

- 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia
- 2006/32/CE sull'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici
- 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia
- 2012/27/CE sull'efficienza energetica

Direttiva 2002/91/CE

La Direttiva 2002/91/CE nota anche come Direttiva Energy Performance of Building (EPBD), in cui hanno trovato applicazione i principi formulati nella convenzione sui cambiamenti climatici¹¹ e nel protocollo di Kyoto¹², con il

¹⁰ Cfr. Lavermicocca D., *La certificazione energetica degli edifici*, Utet scienze tecniche, Milano 2009, p. 8

¹¹ La convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, adottata a Rio de Janeiro il 4 giugno del 1992, è un trattato ambientale internazionale prodotto dalla conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite che si pone come obiettivo, sancito all'Articolo 2, di stabilizzare le concentrazioni di gas ad effetto serra nell'atmosfera ad un livello tale da escludere qualsiasi interferenza pericolosa delle attività umane con il sistema climatico. Tale livello deve essere raggiunto entro un periodo di tempo sufficiente per permettere agli ecosistemi di adattarsi naturalmente ai cambiamenti climatici, salvaguardare la produzione alimentare e la continuazione dello sviluppo economico ad un ritmo sostenibile. La convenzione prevede che i limiti obbligatori per le emissioni inquinanti alle singole Nazioni siano stabiliti da specifici protocolli.

¹² Il protocollo di Kyoto, sottoscritto l'11 dicembre 1997 e divenuto operativo il 18 febbraio 2005, è un trattato internazionale che istituisce i valori limite e i tempi entro cui i Paesi industrializzati si impegnano a ridurre le emissioni inquinanti. In particolare il trattato vincolava tutti i Paesi industrializzati (Paesi Annex I) a ridurre le loro emissioni di gas ad effetto serra per un totale del 5% rispetto ai livelli del 1990 nel periodo 2008-2012. Per il secondo periodo di adempimento

riferimento scientifico del primo libro verde¹³, persegue l'obiettivo di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi.¹⁴

Le disposizioni contenute nel testo normativo, che trovano applicazione nel settore edilizio sia residenziale che terziario (Uffici, Edifici Pubblici, etc.), responsabile del 40% del consumo energetico, e che dovranno essere introdotte nelle legislazioni degli Stati membri dell'Unione Europea, riguardano:

- l'adozione di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici,
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione e degli edifici già esistenti, con una metratura superiore a 1000 m², sottoposti a importanti ristrutturazioni. Per questi ultimi è possibile stabilire i requisiti minimi non solo per gli edifici ristrutturati nell'insieme ma anche per i sistemi o per i componenti purchè questi rientrano in una ristrutturazione da attuare in tempi ristretti con l'obiettivo di migliorare il rendimento energetico globale dell'edificio
- la redazione di un attestato di certificazione energetica degli edifici esistenti e di nuova realizzazione, finalizzato all'acquisizione di informazioni sul rendimento energetico dell'edificio; particolare attenzione viene rivolta alle misure necessarie a garantire che negli edifici pubblici (art. 7, comma 3)¹⁵ tale attestato sia esposto in un luogo visibile al pubblico.

2013-2020, tali limitazioni saranno individuate unilateralmente senza stabilire un target collettivo.

¹³Il primo libro verde dal titolo "*Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico*", adottato con la comunicazione della commissione COM (2000) 769 del 20 febbraio 2000, mette in evidenza il problema dell'approvvigionamento energetico e delinea lo schema di una strategia energetica a lungo termine.

¹⁴ Direttiva n.2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 16 dicembre 2002, sul rendimento energetico nell'edilizia, *articolo 1*, Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea n. L 1, del 4.01.2003

¹⁵ Gli stati membri adottano le misure necessarie a garantire che negli edifici la cui metratura utile totale supera i 1000 m² occupati da autorità pubbliche e da enti che forniscono servizi pubblici a un ampio numero di persone e sono pertanto frequentati spesso da tali persone sia affisso in luogo chiaramente visibile per il pubblico un attestato di certificazione energetica risalente a non più di 10 anni prima. Per i suddetti edifici può essere esposta la gamma delle

- l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici e la valutazione degli impianti termici dotati di caldaie installate da oltre 15 anni.

Tale direttiva ha toccato tutti gli aspetti dell'efficienza energetica degli edifici fornendo i primi indirizzi in materia di risparmio energetico.

Direttiva 2006/32/CE

La Direttiva 2006/32/CE, adottata dal Parlamento Europeo il 5 aprile 2006, relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e ai servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio, si pone come obiettivi l'incremento dell'efficienza negli usi finali dell'energia e la realizzazione di un mercato interno dei servizi energetici negli Stati Membri. La direttiva si applica ai fornitori di misure destinate a migliorare l'efficienza energetica, ai distributori di energia, ai gestori dei sistemi di distribuzione e alle società di vendita di energia al dettaglio, ai clienti finali e, in certa misura, alle forze armate. Gli Stati Membri adottano e mirano a conseguire entro il 2016 un obiettivo¹⁶ nazionale indicativo globale di risparmio energetico pari al 9 % misurato dopo il nono anno di applicazione della presente direttiva e da conseguire mediante servizi energetici e altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica. Particolare attenzione viene rivolta all'applicazione di misure di contenimento da parte del settore pubblico che dovrebbe dare il buon esempio per quanto riguarda gli investimenti, la manutenzione ed altre spese riguardanti attrezzature che consumano energia, i servizi energetici, nonché altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica privilegiando quelle efficaci sotto il profilo costi benefici che generano il maggior risparmio energetico nel minor lasso di tempo. Il ruolo esemplare, le azioni adottate e le misure attuate dal settore pubblico devono essere divulgate ai cittadini e alle imprese dagli Stati Membri. La gamma delle modalità attraverso le quali il settore pubblico può compiere il suo ruolo è molto variegata, oltre alle misure applicabili elencate al decreto legislativo agli allegati

temperature raccomandate e reali per gli ambienti interni ed eventualmente le altre grandezze meteorologiche pertinenti. Sono esclusi dalla redazione dell'attestato di certificazione energetica alcuni edifici pubblici, ad esempio gli edifici storici, i siti industriali etc..

¹⁶ Tale obiettivo è fissato e calcolato secondo le modalità indicate nell'allegato I della direttiva.

III (*Elenco indicativo di esempi di misure di miglioramento dell'efficienza energetica ammissibili*)¹⁷ e VI (*Elenco di misure ammissibili di efficienza energetica per gli appalti pubblici*)¹⁸, il settore pubblico può, ad esempio, avviare progetti pilota in materia di efficienza energetica.

Direttiva 2010/31/UE

La Direttiva Europea 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia, adottata dal Parlamento Europeo e dal Consiglio il 19 maggio 2010 in sostituzione della 2002/91/CE, è finalizzata a promuovere l'elaborazione, da parte degli Stati Membri, di piani nazionali volti ad incrementare il numero di "edifici a energia quasi zero" (art. 9)¹⁹. Tali edifici presentano prestazioni

¹⁷ L'allegato III, della direttiva, fornisce esempi relativi ai programmi e ad altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica che possono essere sviluppati ed attuati nel contesto dell'articolo 4.

In particolare nel settore abitativo e terziario le misure di miglioramento dell'efficienza energetica ammissibili sono:

- a) riscaldamento e raffreddamento (ad esempio pompe di calore, nuove caldaie efficienti, installazione/aggiornamento efficiente di sistemi di teleriscaldamento e raffreddamento);
- b) isolamento e ventilazione (ad esempio isolamento delle cavità murarie e dei tetti, doppi/tripli vetri alle finestre, riscaldamento e raffreddamento passivo);
- c) acqua calda (ad esempio installazione di nuovi dispositivi, uso diretto ed efficiente per il riscaldamento degli ambienti, lavatrici);
- d) illuminazione (ad esempio nuove lampade e alimentatori a risparmio energetico, sistemi di controllo digitale, uso di rivelatori di movimento negli impianti di illuminazione degli edifici a uso commerciale);
- e) cottura e refrigerazione (ad esempio, nuovi apparecchi efficienti, sistemi di recupero del calore);
- f) altre attrezzature e apparecchi (ad esempio apparecchi di cogenerazione, nuovi dispositivi efficienti, sistemi di temporizzazione per l'uso ottimale dell'energia, riduzione delle perdite di energia in stand-by, installazione di condensatori per ridurre la potenza reattiva, trasformatori a basse perdite);
- g) generazione domestica di fonti di energia rinnovabile che consente di ridurre la quantità di energia acquistata (ad esempio applicazioni termiche).

¹⁸ L'allegato VI della direttiva contiene misure che possono essere utilizzate dal settore pubblico, tra cui:

- a) l'uso di strumenti finanziari per i risparmi energetici, come i contratti di finanziamento tramite terzi e i contratti di rendimento energetico;
- b) l'acquisto di attrezzature e veicoli preformanti in termini di efficienza energetica;
- c) l'acquisto di prodotti a minore consumo energetico.
- d) obbligo di sostituire o adeguare le attrezzature e i veicoli esistenti con le attrezzature di cui alle lettere b) e c);
- e) obbligo di utilizzare diagnosi energetiche e di attuare le risultanti raccomandazioni ai fini di un buon rapporto costo/efficacia;
- f) obbligo di acquistare o di dare in affitto edifici o parti di edifici a basso consumo energetico o obbligo di sostituire o adeguare edifici o parti di edifici acquistati o presi in affitto, allo scopo di renderli più efficaci sotto il profilo energetico.

¹⁹ Gli Stati membri provvedono affinché:

- a) entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero;

energetiche ancora più elevate, che superano i requisiti minimi vigenti, ed un fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo, riducendo in tal modo sia il consumo energetico, sia le emissioni di biossido di carbonio. Le scelte progettuali che riguardano questi edifici con prestazioni che arrivano al limite dell'autosufficienza energetica si inseriscono tuttavia in un percorso che ha definito un approccio progettuale completamente nuovo che integra dotazioni impiantistiche energeticamente efficienti con sistemi tecnologici innovativi e altamente prestazionali per l'involucro, tenendo conto delle condizioni climatiche e locali, nonché dell'ambiente termico interno e dell'efficacia sotto il profilo dei costi. Gli Stati membri procedono inoltre, sulla scorta dell'esempio del settore pubblico, alla definizione di politiche e all'adozione di misure, quali la fissazione di obiettivi, finalizzate a incentivare la trasformazione degli edifici ristrutturati in edifici a energia quasi zero. Rispetto alla Direttiva del 2002, risulta invariata la procedura di certificazione energetica valida sia per gli edifici esistenti che di nuova realizzazione. L'Attestato di Prestazione Energetica è uno strumento di supporto alle decisioni progettuali finalizzate al miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema edilizio, poichè comprende informazioni sul consumo energetico degli edifici, nonché raccomandazioni per il miglioramento efficace o ottimale in funzione dei costi. In particolare gli edifici occupati da enti pubblici e gli edifici abitualmente frequentati dal pubblico dovrebbero dare l'esempio dimostrando che gli aspetti riguardanti l'ambiente e l'energia sono presi in considerazione; tali edifici dovrebbero pertanto essere sottoposti alla certificazione energetica ad intervalli regolari e adoperarsi per attuare le raccomandazioni contenute nell'attestato di prestazione energetica. La pubblicazione dei dati sulle prestazioni energetiche dovrebbe essere potenziata affiggendo gli attestati di prestazione energetica in luogo visibile, in particolare negli edifici di determinate dimensioni occupati da enti pubblici (ad esempio le scuole) o abitualmente frequentati dal pubblico (art. 13)²⁰, come

b) a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero.

Gli Stati membri elaborano piani nazionali destinati ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero. Tali piani nazionali possono includere obiettivi differenziati per tipologia edilizia.

²⁰ Articolo 13, Affissione dell'attestato di prestazione energetica:

negozi e centri commerciali, supermercati, ristoranti, teatri, banche e alberghi²¹. Gli Stati membri dovrebbero includere, nei loro piani nazionali, misure volte ad incitare gli enti pubblici ad adottare tempestivamente i miglioramenti in materia di efficienza energetica e ad attuare le raccomandazioni contenute nell'attestato di prestazione energetica non appena fattibile.

In quest'ottica, una riqualificazione del patrimonio edilizio pubblico esistente, operata secondo i criteri della qualità energetica individuati dalla certificazione, può rappresentare uno spunto per attuare tecnologie eco-sostenibili, innescando un processo virtuoso di moltiplicazione degli effetti positivi. Tale direttiva doveva essere recepita dal Parlamento Italiano entro il 9 luglio 2012.

Direttiva 2012/27/UE

La Direttiva Europea 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE²² e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE²³ e 2006/32/CE, adottata dal Parlamento Europeo e dal Consiglio il 25 ottobre 2012, stabilisce le misure per la promozione dell'efficienza energetica nella Comunità Europea al fine di garantire il conseguimento dell'obiettivo principale relativo all'efficienza energetica del 20 % entro il 2020²⁴ e di gettare le basi per ulteriori miglioramenti dell'efficienza energetica oltre tale data.

Gli Stati membri adottano le misure necessarie a garantire che l'attestato di prestazione energetica sia affisso in un luogo chiaramente visibile per il pubblico negli edifici per i quali è stato rilasciato un attestato di prestazione energetica in conformità dell'articolo 12, paragrafo 1, e in cui una metratura utile totale di oltre 500 m² è occupata da enti pubblici e abitualmente frequentata dal pubblico.

²¹ Cfr. Direttiva n. 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia, Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea n. L 153 del 18.06.2010.

²² Cfr. Direttiva n. 2009/125/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia

²³ Cfr. Direttiva n. 2004/8/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 febbraio 2004 sulla promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia e che modifica la direttiva 92/42/CEE

²⁴ L'Unione Europea ha adottato un approccio integrato in materia di energia e di cambiamenti climatici con l'obiettivo di incentivare in Europa un'economia a basse emissioni di CO₂ basata sull'efficienza energetica, varando il cosiddetto "Pacchetto clima-energia 20-20-20", adottato nel 2008, che prevede i seguenti obiettivi da perseguire entro il 2020:

- ridurre i gas ad effetto serra del 20% (o del 30%, previo accordo internazionale),
- ridurre i consumi energetici del 20% attraverso un aumento dell'efficienza energetica,
- soddisfare il 20% del nostro fabbisogno energetico mediante l'utilizzo delle energie rinnovabili.

La Commissione Europea ha riconosciuto che dal patrimonio edilizio esistente, di cui gli edifici²⁵ di proprietà degli enti pubblici ne rappresentano una quota considerevole oltre a godere di notevole visibilità nella vita pubblica, si possono ottenere le maggiori potenzialità di risparmio energetico. È questo uno dei motivi per cui la presente direttiva focalizza l'attenzione sull'incremento del tasso di ristrutturazione per gli edifici di proprietà del governo centrale nel territorio di uno Stato membro e da esso occupati, in modo da migliorarne la prestazione energetica.

Ogni Stato Membro dovrà stabilire una strategia a lungo termine, che va oltre il 2020, per incentivare gli investimenti nella ristrutturazione di edifici residenziali e commerciali, sia pubblici che privati, al fine di migliorare la prestazione energetica del parco nazionale immobiliare. Tale strategia dovrebbe riguardare ristrutturazioni profonde ed efficaci in termini di costi che comportino un ammodernamento tale da ridurre il consumo energetico di un edificio di una percentuale significativa rispetto ai livelli precedenti alla ristrutturazione, conducendo ad una prestazione energetica molto elevata. Tali ristrutturazioni profonde potrebbero anche essere effettuate per fasi (art. 4). Inoltre, a partire dal 1° gennaio 2014, ciascun Stato Membro dovrà garantire, ogni anno, che il 3% della superficie coperta utile totale degli edifici riscaldati e/o raffreddati di proprietà dei governi centrali sia ristrutturata e resa energeticamente efficiente. Tale quota si applica a stabili con una superficie coperta utile totale superiore a 500 m²; la soglia sarà abbassata a 250 m² a partire da luglio 2015 (art. 5).

Riguardo il tema delle diagnosi energetiche all'art. 8 si stabilisce che gli Stati membri dovranno promuovere la disponibilità di audit energetici per tutti i clienti finali di elevata qualità, efficaci in rapporto ai costi, e incoraggiare la partecipazione delle Piccole e Medie Imprese (PMI). Mentre per le aziende di grandi dimensioni gli Stati Membri dovranno garantire che siano soggette a un audit energetico svolto in maniera indipendente ed efficiente in termini di costi da esperti qualificati e/o accreditati o eseguito e sorvegliato da autorità

²⁵ Gli edifici sono fondamentali per conseguire l'obiettivo dell'Unione Europea di ridurre dell'80-95% le emissioni di gas serra entro il 2050 rispetto al 1990.

indipendenti conformemente alla legislazione nazionale entro il 5 dicembre 2015 e almeno ogni quattro anni dalla data del precedente audit energetico.

1.1.2 Quadro Normativo Nazionale

Quasi tutte le Direttive Europee sono state recepite dal Parlamento Italiano, ad eccezione della direttiva n.2012/27/UE, varata nell'ottobre del 2012, che è ancora in fase di attuazione poichè il suo recepimento dovrà avvenire entro il 5 giugno del 2014. In particolare la direttiva 2002/91/CE è stata recepita dall'Italia con il D.Lgs. 19.8.2005, n. 192, entrato in vigore l'8 ottobre 2005, anche se per lungo tempo sono rimaste inattuate le prescrizioni della direttiva riguardanti le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche divenute operative con il D.P.R. n. 59/2009 in vigore dal 25 giugno 2009 inerenti la certificazione energetica, poi approvate con il D.M. 26.06.2009 n. 59 relativo alle Linee guida nazionali sulla certificazione energetica degli edifici operative dal 25 luglio 2009. Mentre le direttive 2006/32/CE e 2010/31/UE sono state recepite rispettivamente con il D.Lgs. 30.5.2008, n. 115, e con il D.L. 04.06.2013, n. 63, successivamente convertito con modificazioni dalla L. 3 agosto 2013, n. 90.

Decreto Legislativo n.192/2005

Il decreto legislativo n.192/2005, con le successive integrazioni e modifiche in seguito all'emanazione del D.Lgs. 311/06, del D.P.R. n. 59/2009 e del D.M. 26.06.2009 n. 59, stabilisce (art. 1) i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, in modo da contribuire al conseguimento degli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas serra posti dal protocollo di Kyoto e promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico. In particolare, disciplina:

- a. la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- b. l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;

- c. i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- d. le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- e. i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni degli impianti;
- f. la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore;
- g. la promozione dell'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore.

Tale decreto, che si applica sia agli edifici di nuova costruzione che a quelli esistenti, oggetto di ristrutturazione (art. 3), ha introdotto importanti novità in merito ai criteri progettuali ed ai metodi di controllo delle prestazioni termiche delle costruzioni. All'art. 4, comma 1 lettera b) sono definiti i criteri generali di prestazione energetica per l'edilizia pubblica e privata, anche riguardo alla ristrutturazione degli edifici esistenti e sono indicate le metodologie di calcolo e i requisiti minimi²⁶ finalizzati al raggiungimento degli obiettivi di cui all'articolo 1, tenendo conto di quanto riportato nell'allegato "B".²⁷

Inoltre, all'art. 6 viene introdotto l'obbligo dell'attestato di certificazione energetica per gli edifici di nuova realizzazione e per quelli esistenti con una superficie superiore ai 1000m² in caso di riqualificazione. Tale attestato negli edifici di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico, la cui metratura utile totale supera i 1000 m², deve essere affisso, nello stesso edificio a cui si riferisce, in un luogo facilmente visibile per il pubblico.

²⁶ I requisiti energetici degli edifici, fissati nell'allegato C, sono: il contenimento del fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale il cui indice di prestazione energetica (E_{Pi}) è espresso in kWh/m²anno, l'isolamento termico dei componenti di involucro (chiusure verticali e orizzontali opache e trasparenti) indicato col valore di trasmittanza termica U espressa in W/m²K, l'efficienza globale dell'impianto termico il cui rendimento globale medio stagionale risulti superiore al valore limite calcolato con la formula: $\eta_g = (65 + 3 \cdot \log P_n)\%$.

²⁷ L'allegato B definisce i criteri che l'organo amministrativo deve considerare nella emanazione del decreto per la determinazione delle "metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici", ed in particolare: clima esterno e interno, caratteristiche termiche dell'edificio, impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria, impianto di condizionamento dell'aria e di ventilazione, impianto di illuminazione, posizione ed orientamento degli edifici, sistemi solari passivi e protezione solare, della ventilazione naturale, utilizzo di fonti energetiche rinnovabili di sistemi di cogenerazione e di riscaldamento e condizionamento a distanza.

Decreto Legislativo n.311/2006

Il decreto Legislativo n. 311/2006, del 29 dicembre 2006 (Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia) è stato emanato per integrare la disciplina del d.lgs. n. 192/2005. Il presente decreto ha introdotto alcune novità riguardanti il campo di applicazione (non più rivolto solo agli edifici ex novo ed esistenti ma anche agli impianti),²⁸ i requisiti di prestazione energetica²⁹ ma soprattutto l'attestato di certificazione energetica sostituito, in attesa dell'emanazione delle linee guida, con quello di qualificazione energetica che deve riportare i fabbisogni di energia primaria di calcolo (EPi), i corrispondenti valori massimi ammissibili fissati dalla normativa in vigore e può essere asseverato dal direttore dei lavori o dal professionista qualificato. In attuazione al D.Lgs 192/2005, modificato ed integrato dal D.Lgs 311/2006 sono stati emanati i seguenti decreti il D.P.R. n. 59/2009 e il D.M. 26.06.2009 n. 59.

Decreto del Presidente della Repubblica n. 59/2009

Il D.P.R. n.59 del 2 aprile 2009, recante "Attuazione dell'art. 4, comma 1, lettere a) e b) del d.lgs. n.192 del 19 agosto 2005 è stato emanato in applicazione dell'art. 4, comma 1, lettere a) e b) del d.lgs. n.192 del 19 agosto 2005, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico in edilizia e .

Il nuovo decreto introduce una importante novità: la verifica del fabbisogno energetico per l'estate e i relativi requisiti minimi basati sulla prestazione termica

²⁸ Articolo 1: "All'articolo 3, del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, di seguito denominato: «decreto legislativo n. 192 del 2005», sono apportate le seguenti modificazioni:

a) il comma 1 è sostituito con il seguente:

«1. Salve le esclusioni di cui al comma 3, il presente decreto si applica, ai fini del contenimento dei consumi energetici:

a) alla progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, di nuovi impianti installati in edifici esistenti, delle opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti con le modalità e le eccezioni previste ai commi 2 e 3.»

²⁹ Il D.Lgs. 311/2006 ha apportato alcuni correttivi, rendendo in generale più severi i limiti da verificare. In particolare ha abbassato i valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPi), espresso in kWh/m²anno per gli edifici residenziali (esclusi collegi, caserme, case di pena e conventi) e in kWh/m³anno per le altre categorie edilizie, i valori limite di trasmittanza termica dei componenti di involucro (chiusure verticali e orizzontali opache e trasparenti) ed ha anticipato alcune scadenze previste dal precedente decreto.

dell'involucro, oltre a confermare l'adozione delle metodologie di calcolo basate sulle UNI TS 11300 (introdotte già dal D.Lgs n.115/2008).

Il regolamento, in vigore dal 25 giugno 2009, definisce i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi relativi alla prestazione energetica degli edifici per la climatizzazione invernale ed estiva e al rendimento energetico degli impianti termici per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria. Tali criteri si applicano alla prestazione energetica per l'edilizia pubblica e privata anche riguardo alle ristrutturazioni di edifici esistenti.

Riguardo i requisiti minimi per la climatizzazione invernale: Il D.P.R. conferma, per tutte le categorie di edifici, sia nei casi di nuova costruzione che di ristrutturazione di edifici esistenti, la determinazione, in sede progettuale, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPI), e la verifica che lo stesso risulti inferiore ai valori limite contenuti nella pertinente tabella dell'allegato C. Per i requisiti minimi di trasmittanza termica: il decreto richiede, per tutte le categorie di edifici, nei casi di ristrutturazioni totali o parziali e di manutenzione straordinaria dell'involucro, consistenti in opere che prevedono rifacimento di pareti esterne, di intonaci esterni, del tetto o dell'impermeabilizzazione delle coperture, la verifica che la trasmittanza termica delle chiusure opache e trasparenti rispetti i valori limite di riferimento indicati nelle rispettive tabelle dell'allegato C. Inoltre introduce requisiti minimi più restrittivi per tutti i casi di nuova costruzione o ristrutturazione di edifici pubblici o a uso pubblico: in questi casi i valori limite di fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento invernale e i valori limite di trasmittanza devono essere ridotti del 10%.

La vera novità, introdotta dal D.P.R., riguarda il calcolo e la verifica della prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio (EP_{e_inv}). Il decreto modifica i requisiti per il comfort estivo riguardanti l'inerzia termica dell'involucro opaco, le schermature solari delle superfici trasparenti e la ventilazione naturale. Tali requisiti si applicano a tutte le categorie di edifici ad eccezione degli edifici adibiti ad attività scolastiche, attività sportive, attività commerciali e industriali.

Decreto Ministeriale 26.06.2009

Il Decreto del Ministero dello Sviluppo economico del 26 giugno 2009, recante le Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, è un decreto attuativo emanato in applicazione dell'articolo 6, comma 9, del D.Lgs 192/2005, in applicazione della direttiva 2002/91/CE e modificato dal D.Lgs 311/2006.

Il presente decreto definisce: le linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici (la cui disciplina è contenuta nell'allegato A) e gli strumenti di raccordo, concertazione e cooperazione tra lo Stato e le regioni.

Le Linee guida definiscono un sistema di certificazione energetica degli edifici in grado di fornire informazioni sulla qualità energetica degli immobili e contribuire ad una applicazione omogenea della certificazione energetica degli edifici attraverso la definizione di una procedura nazionale che comprenda:

- l'indicazione di un sistema di classificazione degli edifici;
- l'individuazione di metodologie di calcolo della prestazione energetica utilizzabili in modo alternativo in relazione alle caratteristiche dell'edificio e al livello di approfondimento richiesto;
- la disponibilità di metodi semplificati che minimizzino gli oneri a carico dei cittadini.

Nel disciplinare il sistema di certificazione energetica degli edifici le regioni e le province devono tener conto degli elementi essenziali indicati all'art. 4.³⁰

Con l'adozione delle Linee Guida è cessata la fase transitoria dell'utilizzo dell'attestato di qualificazione energetica in sostituzione all'attestato di certificazione energetica.

³⁰ I dati informativi che debbono essere contenuti nell'attestato di certificazione energetica, compresi i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge, i valori di riferimento o classi prestazionali che consentano ai cittadini di valutare e raffrontare la prestazione energetica dell'edificio in forma sintetica e anche non tecnica, i suggerimenti e le raccomandazioni in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione;

le norme tecniche di riferimento, conformi a quelle sviluppate in ambito europeo e nazionale;

le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici, compresi i metodi semplificati finalizzati a minimizzare gli oneri a carico dei cittadini, tenuto conto delle norme di riferimento;

i requisiti professionali e i criteri per assicurare la qualificazione e l'indipendenza dei soggetti preposti alla certificazione energetica degli edifici;

la validità temporale massima dell'attestato;

le prescrizioni relative all'aggiornamento dell'attestato in relazione ad ogni intervento che migliori la prestazione energetica dell'edificio o ad ogni operazione di controllo che accerti il degrado della prestazione medesima, di entità significativa

Decreto Legislativo n.115/2008

Il D.Lgs n. 115 del 30 maggio 2008, recante “Attuazione della Direttiva 2006/32/CE”, relativa alla “Efficienza degli usi finali dell’energia e i servizi energetici e abrogazione della Direttiva 93/76/CEE”, stabilisce, al fine di contribuire al miglioramento della sicurezza dell'approvvigionamento energetico e alla tutela dell'ambiente attraverso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, un quadro di misure volte al miglioramento dell'efficienza degli usi finali dell'energia sotto il profilo costi e benefici. Per tali finalità, il presente decreto³¹:

- definisce gli obiettivi indicativi, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico necessari ad eliminare le barriere e le imperfezioni esistenti sul mercato che ostacolano un efficiente uso finale dell'energia;
- crea le condizioni per lo sviluppo e la promozione di un mercato dei servizi energetici e la fornitura di altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica agli utenti finali.

Il Capo 4 della presente normativa focalizza l’attenzione sull’efficienza energetica nel settore pubblico. In particolare all’articolo 13 si stabilisce che in relazione agli usi efficienti dell'energia nel settore degli edifici, gli obblighi della pubblica amministrazione comprendono di norma:

- a. il ricorso agli strumenti finanziari per il risparmio energetico per la realizzazione degli interventi di riqualificazione, compresi i contratti di rendimento energetico, che prevedono una riduzione dei consumi di energia misurabile e predeterminata;
- b. le diagnosi energetiche degli edifici pubblici o ad uso pubblico, in caso di interventi di ristrutturazione degli impianti termici, compresa la sostituzione dei generatori, o di ristrutturazioni edilizie che riguardino almeno il 15 per cento della superficie esterna dell'involucro edilizio che racchiude il volume lordo riscaldato;

³¹ Il decreto si applica ai fornitori di misure di miglioramento dell'efficienza energetica, ai distributori di energia, ai gestori dei sistemi di distribuzione e alle società di vendita di energia al dettaglio, ai clienti finali e, in una certa misura, alle Forze armate.

- c. la certificazione energetica degli edifici pubblici od ad uso pubblico, nel caso in cui la metratura utile totale supera i 1000 m², e l'affissione dell'attestato di certificazione in un luogo, dello stesso edificio, facilmente accessibile al pubblico.

Inoltre l'allegato III individua le metodologie di calcolo e i requisiti per l'esecuzione delle diagnosi energetiche e la certificazione energetica degli edifici; in particolare sopperisce all'assenza dei Decreti Attuativi del D.Lgs. 192/2005 prescrivendo l'obbligo di riferirsi alle Norme tecniche nazionali UNI/TS 11300³² per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici. Il pacchetto normativo che fornisce una metodologia univoca di calcolo per la determinazione del fabbisogno energetico in un documento tecnico più sintetico e di immediata consultazione rispetto alle norme europee En, già disponibili sull'argomento, si compone di 4 parti:

1. Parte 1 relativa alla "Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione invernale ed estiva";
2. Parte 2 relativa alla "Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria";
3. Parte 3 relativa alla "Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva";
4. Parte 4 relativa all' "utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria".

Tale decreto è stato successivamente aggiornato ed integrato dal D.Lgs. 56 del 26 gennaio 2010.

Decreto Legge n. 63/2013

Il Decreto Legge n. 63 del 4 giugno 2013, coordinato con la legge di conversione 3 agosto 2013, n. 90, recante "Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio

³² Le norme UNI/TS 11300 sono state sviluppate dal Comitato Termotecnico Italiano e sono state pubblicate nel maggio 2008 le Parti 1 e 2, nel maggio 2010 la terza parte e nel maggio 2012 la parte 4

2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia”, promuove il miglioramento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi. In particolare definisce e integra criteri, condizioni e modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici; favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici; determinare i criteri generali per la certificazione della prestazione energetica degli edifici e per il trasferimento delle relative informazioni in sede di compravendita e locazione; effettuare le ispezioni periodiche degli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva al fine di ridurre il consumo energetico e le emissioni di biossido di carbonio; sostenere la diversificazione energetica; promuovere la competitività dell'industria nazionale attraverso lo sviluppo tecnologico; coniugare le opportunità offerte dagli obiettivi di efficienza energetica con lo sviluppo di materiali, di tecniche di costruzione, di apparecchiature e di tecnologie sostenibili nel settore delle costruzioni e con l'occupazione; conseguire gli obiettivi nazionali in materia energetica e ambientale; razionalizzare le procedure nazionali e territoriali per l'attuazione delle normative energetiche al fine di ridurre i costi complessivi, per la pubblica amministrazione e per i cittadini e per le imprese; applicare in modo omogeneo e integrato la normativa su tutto il territorio nazionale; assicurare l'attuazione e la vigilanza sulle norme in materia di prestazione energetica degli edifici, anche attraverso la raccolta e l'elaborazione di informazioni e dati; promuovere l'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali. Il presente decreto si applica all'edilizia pubblica e privata. All'art. 3 comma 2-ter. lettera b) il decreto disciplina le prescrizioni e i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici quando sono oggetto di nuova costruzione, ristrutturazioni importanti e riqualificazione energetica. Per la prima volta troviamo la dicitura di riqualificazione energetica, la cui definizione è espressa all'art. 2 comma 1-viciessester “riqualificazione energetica di un edificio”: un edificio esistente è sottoposto a riqualificazione energetica quando i lavori in qualunque modo denominati, a titolo indicativo e non esaustivo, manutenzione ordinaria o

straordinaria, ristrutturazione e risanamento conservativo, ricadono in tipologie diverse da quelle indicate alla lettera 1-viciesquater.³³ Riguardo gli edifici a energia quasi zero (novità introdotta dalla direttiva europea 2010/31) si è sancito quanto segue: a partire dal 31 dicembre 2018, gli edifici di nuova costruzione occupati da pubbliche amministrazioni e di proprietà di queste ultime, ivi compresi gli edifici scolastici, devono essere edifici a energia quasi zero. Dal 1° gennaio 2021 la predetta disposizione è estesa a tutti gli edifici di nuova costruzione (Art. 4-bis, comma 1). Mentre, entro il 30 giugno 2014, deve essere definito il Piano d'azione³⁴ destinato ad aumentare il numero di edifici a energia quasi zero. Tale Piano, che può includere obiettivi differenziati per tipologia edilizia, dovrà essere trasmesso alla Commissione europea.

L'art. 4-ter definisce lo sviluppo di strumenti finanziari e la rimozione di barriere di mercato per la promozione dell'efficienza energetica degli edifici, in particolare al fine di promuovere la realizzazione di servizi energetici e di misure di incremento dell'efficienza energetica degli edifici di proprietà pubblica, con una particolare attenzione verso gli edifici scolastici e gli ospedali, anche attraverso le ESCO, (il ricorso a forme di partenariato tra pubblico e privato, società private appositamente costituite) o lo strumento del finanziamento tramite terzi, il fondo di garanzia è utilizzato anche per il sostegno della realizzazione di progetti di miglioramento dell'efficienza energetica nell'edilizia pubblica, (ivi inclusa l'attestazione della prestazione energetica dell'intervento successiva a tale realizzazione, entro i limiti delle risorse del fondo stesso).

³³ “ristrutturazione importante di un edificio”: un edificio esistente è sottoposto a ristrutturazione importante quando i lavori in qualunque modo denominati (a titolo indicativo e non esaustivo: manutenzione ordinaria o straordinaria, ristrutturazione e risanamento conservativo) insistono su oltre il 25 per cento della superficie dell'involucro dell'intero edificio, comprensivo di tutte le unità immobiliari che lo costituiscono e consistono, a titolo esemplificativo e non esaustivo, nel rifacimento di pareti esterne, di intonaci esterni, del tetto o dell'impermeabilizzazione delle coperture.

³⁴ Il Piano d'azione dovrà comprendere l'applicazione della definizione di edifici a energia quasi zero alle diverse tipologie di edifici e indicatori numerici del consumo di energia primaria, espresso in kWh/m²anno; le politiche e le misure finanziarie o di altro tipo previste per promuovere gli edifici a energia quasi zero, comprese le informazioni relative alle misure nazionali previste per l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici, gli obiettivi intermedi di miglioramento della prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione entro il 2015.

In ultimo all'art. 6 comma 6, relativo all'attestato di prestazione energetica, rilascio e affissione, si precisa che nel caso di edifici utilizzati da pubbliche amministrazioni e aperti al pubblico con superficie utile totale superiore a 500 m², ove l'edificio non ne sia già dotato, è fatto obbligo al proprietario o al soggetto responsabile della gestione, di produrre l'attestato di prestazione energetica entro 180 giorni dalla data di entrata in vigore della presente disposizione e di affiggere l'attestato di prestazione energetica con evidenza all'ingresso dell'edificio stesso o in altro luogo chiaramente visibile al pubblico. A partire dal 9 luglio 2015, la soglia di 500 m² di cui sopra, è abbassata a 250 m². Per gli edifici scolastici tali obblighi ricadono sugli enti proprietari.

Per concludere possiamo affermare che le novità del presente decreto interessano l'introduzione della dicitura di riqualificazione energetica che si differenzia dalla ristrutturazione importante, le disposizioni riguardanti gli edifici ad energia quasi zero, la redazione di piani d'azione destinati ad aumentare il numero di tali edifici e, riguardo la produzione dell'attestato di prestazione energetica con relativa affissione, l'abbassamento della superficie utile totale da 1000 a 500m² per edifici utilizzati da pubbliche amministrazioni e aperti al pubblico.

1.3 I programmi per l'efficienza energetica dell'edilizia scolastica

Il settore edilizio di proprietà degli enti pubblici rappresenta un settore strategico da cui ottenere le maggiori potenzialità di risparmio energetico sia perché costituisce una cospicua parte del patrimonio edilizio esistente sia perché gode di notevole visibilità nella vita pubblica. La stessa Commissione Europea, come si evince dalle recenti direttive, si è resa conto di ciò focalizzando, ancor di più, l'attenzione su codesto settore, in cui rientra l'edilizia scolastica.

In particolare intervenire sulle scuole, gestite dalle Pubbliche Amministrazioni, è significativo poiché oltre ad essere un buon esempio, per altri contesti edilizi analoghi, riguardo gli investimenti, le azioni adottate e le misure attuate per migliorare le loro prestazioni energetiche al fine di ridurre i consumi energetici e le emissioni di gas serra, possono contribuire alla crescita della consapevolezza dei futuri cittadini europei all'uso razionale dell'energia. Di seguito vengono esaminati i programmi, i progetti e i bandi, attuati da alcuni Paesi Comunitari e non, che promuovono l'efficienza energetica nell'edilizia scolastica e la realizzazione di attività didattiche per incentivare la formazione degli utenti sulle tematiche energetico-ambientali.

1.3.1 Programmi U.S.A.

I distretti scolastici Americani spendono annualmente più di 7,5 miliardi di dollari³⁵ per l'energia e, poiché i costi energetici sono una spesa enorme per le scuole che supera quella per le attrezzature scolastiche (computer, libri etc.), per tagliare tali costi gli Stati Uniti hanno deciso di investire sull'efficienza energetica nell'edilizia scolastica, stanziando 6,4 milioni di dollari per l'ammodernamento delle scuole. Le scuole sono state considerate un mezzo per combattere il riscaldamento globale, ridurre i consumi energetici e per rilanciare l'economia americana creando nuovi posti di lavoro nel settore della green economy. In particolare, in seguito alle indicazioni previste dall'Energy Star program, il Dipartimento dell'Energia statunitense ha promosso l'*Energy Smart Schools*, un programma didattico e di consulenza che fornisce assistenza alle scuole su 4 fronti: pianificazione, finanza, costruzione e gestione.

³⁵ Dato riportato al capitolo 10 "K-12 schools" dell'Energy star building upgrade manual.

Tale programma, che ha interessato sessanta scuole del territorio del Darwin, Katherine, Nhulunbuy, Tennant Creek, Alice Springs, conclusosi nel giugno del 2010, era finalizzato a promuovere l'efficienza energetica attraverso l'educazione energetica e la partecipazione di tutta la scuola coinvolgendo insegnanti e studenti con attività in classe finalizzate al miglioramento dell'efficienza energetica scolastica.

A seguire sono stati promossi il progetto *Alliance to save energy's green schools program*,³⁶ e *School Energy Efficiency (SEE) Program*.³⁷

Il primo, che rientra in un'azione di risparmio energetico dell'ente no profit Alliance to Save Energy, ha permesso agli istituti scolastici che hanno partecipato, di New York, Washington e Pennsylvania, di ridurre i costi energetici di quasi il 15%. Il progetto ha dato la possibilità agli studenti di essere coinvolti nel processo di audit energetico del loro edificio, facendo capire loro come risparmiare energia con piccoli accorgimenti, istruendoli sull'efficienza energetica e sull'utilizzo di un kit di strumenti di diagnostica che valuta il consumo di energia nella loro scuola.

Il secondo programma, promosso dal Pacific Gas and Electric Company (PG&E), voleva fornire ai distretti scolastici pubblici K-12 una serie di servizi, come analisi finanziarie e tecniche svolte da consulenti professionali, per individuare le misure più convenienti dal punto di vista dei costi-benefici finalizzate a migliorare il programma di efficienza energetica del distretto, soddisfacendo le esigenze di quest'ultimo e fornendo il massimo beneficio.

1.3.2 Programmi Europei

L'Europa ha mostrato da tempo il suo interesse verso azioni di sensibilizzazione al risparmio energetico nel settore edilizio scolastico, promuovendo progetti finalizzati alla valutazione e al miglioramento delle prestazioni energetico-ambientali di tali edifici. Fra i numerosi progetti ricordiamo: "Check it out! Energy at School", "Iuses – Intelligent Use of Energy at School", Eco-schools, "School of the Future". Inoltre ogni Stato membro, in misura diversa, ha cominciato ad

³⁶ <http://www.ase.org/projects/powersave-schools>

<http://www.ase.org/resources/alliance-green-campus-program-pathway-green-careers>

³⁷ http://epa.gov/statelocalclimate/documents/pdf/k-12_guide.pdf

assimilare tali obiettivi nelle rispettive politiche ambientali nazionali. In particolare evidenziamo il progetto *Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen* attivato dall'agenzia Tedesca per l'energia (Deutsche Energie Agentur - Dena) e *L'école de L'énergie* promosso dalla società energetica francese (Edf).

Check it out! Energy at School

Il presente programma, promosso nell'ottobre del 2006 nell'ambito dell'Intelligent Energy-Europe Programme e conclusosi nel 2009, si prefiggeva come obiettivi quelli di:

- esaminare e migliorare le prestazioni energetiche degli edifici scolastici dei paesi partecipanti,³⁸ (attraverso audit energetici);
- educare e coinvolgere gli studenti sulle tematiche del risparmio energetico e dei cambiamenti climatici, introducendo specifiche attività didattiche.

Sulla base delle esperienze maturate sono state sviluppate delle Linee Guida di buone pratiche per implementare le misure di risparmio energetico nelle scuole. Tali Linee Guida prevedono le seguenti fasi: convincere le scuole a partecipare, effettuare audit energetici, individuare le soluzioni migliorative, sviluppare piani d'azione, istruire ed educare, monitorare e valutare i risultati. Per ogni fase sono state elaborate proposte e raccomandazioni specifiche arricchite da esempi di buone pratiche.

Uses – Intelligent Use of Energy at School

Il progetto, finanziato dal programma europeo Intelligent Energy Europe (IEE),³⁹ mirava a promuovere tra gli studenti e gli insegnanti delle scuole superiori un uso più efficiente dell'energia nella vita quotidiana, attraverso l'uso di un kit educativo composto da manuali, animazioni multimediali e un set di esperimenti. L'elemento chiave del Progetto è stato il lancio del Concorso Internazionale EESA (European Energy Saving Awards) all'inizio dell'anno scolastico 2009/2010. Questa iniziativa ha avuto come obiettivo quello di premiare le scuole ed i singoli

³⁸ Il progetto ha coinvolto 5 paesi, Bulgaria, Germania, Ungheria, Olanda e Spagna, per un totale di 90 scuole.

³⁹ Il programma IEE, istituito nel 2003, vuole promuovere l'efficienza energetica, l'uso razionale delle risorse e l'utilizzo di fonti di energia alternative e rinnovabili, attraverso il finanziamento di bandi e progetti nei singoli paesi comunitari.

studenti che sono riusciti a migliorare la loro performance energetica nel corso dell'anno scolastico con misure rivolte all'efficienza energetica ed alla conservazione dell'energia.

La partecipazione era aperta a tutte le scuole secondarie ed agli studenti, singoli o in gruppo, dei 14 paesi partner del progetto. Oggetto del concorso erano misure ed attività rivolte all'efficienza energetica e alla conservazione dell'energia, tese a cambiare i comportamenti quotidiani legati all'energia, a potenziare l'utilizzo di energie rinnovabili, ad evitare l'inquinamento e lo stress causati dal traffico.

Eco-schools

Il programma Eco-schools, della Foundation for Environmental Education (FEE) rivolto alle scuole pubbliche e private di ogni ordine, vuole accrescere la consapevolezza da parte degli studenti sul tema dello sviluppo sostenibile, incoraggiandoli ad essere parte attiva nell'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale della loro comunità scolastica. La metodologia del programma comprende sette fasi di seguito riportate:

1. istituire un Eco-comitato (forza motrice del processo) rappresentato dal dirigente scolastico, dagli insegnanti, dai genitori, dagli alunni, dal personale non docente e da una rappresentanza significativa delle autorità e associazioni locali in grado di dirigere le operazioni del programma;
2. verifica ambientale, il lavoro comincia con una valutazione dell'impatto ambientale della scuola al momento dell'adesione al progetto (esempio gestione dei rifiuti, utilizzo di energia, sistema dei trasporti etc.);
3. redazione di un piano d'azione, contenente obiettivi, azioni da intraprendere e soluzioni da adottare per migliorare le prestazioni ambientali;
4. Monitoraggio e valutazione, per verificare che gli obiettivi fissati siano stati perseguiti con successo;
5. Integrazione del curriculum, integrare i contenuti del programma Eco-schools all'interno delle materie del programma ministeriale e del piano di offerta formativa;

6. Informazione e coinvolgimento, un obiettivo chiave è quello di far conoscere i risultati raggiunti dalla scuola non solo all'interno ma anche all'esterno, promuovendo delle campagne di divulgazione dei risultati nelle piazze in occasione di feste o fiere;
7. Redazione di un eco-codice, cioè le azioni adottate dalla scuola per migliorare le prestazioni ambientali.

Alle scuole che, dopo uno anno di applicazione del programma, raggiungono un elevato livello di prestazioni ambientali, in accordo con i sette punti, viene assegnata una bandiera verde, simbolo di eccellenza ambientale in ambito internazionale.

Hanno aderito a questo programma, con l'obiettivo di ridurre l'eccessiva spesa energetica, le scuole dell'Inghilterra, della Scozia, del Galles e dell'Irlanda del Nord.

School of the future

Il progetto *School of the Future*, proposto dalla Comunità Europea nel 2011, finanziato nell'ambito del VII Programma Quadro per la Ricerca⁴⁰ e coordinato dalla società Fraunhofer,⁴¹ si pone come obiettivo la riqualificazione di un edificio scolastico finalizzata al raggiungimento di un alto livello di prestazioni energetiche ed ambientali e allo sviluppo di una consapevolezza da parte dei cittadini sul tema del risparmio energetico attraverso interventi esemplari di ristrutturazione di edifici scolastici.

Il progetto coinvolge 4 edifici scolastici, scelti dall'Unione Europea, in 4 diversi paesi su cui si andrà ad intervenire con un'azione di riqualificazione energetica volta al miglioramento della qualità ambientale interna e alla riduzione dei consumi energetici attraverso interventi di rinnovo delle strutture interne ed esterne, degli impianti e del sistema di gestione e l'integrazione con fonti di energia rinnovabile.

⁴⁰ Il Settimo programma quadro per la ricerca e lo sviluppo tecnologico (7° PQ) è il principale strumento con cui l'Unione europea finanzia la ricerca in Europa, in vigore dal 2007 al 2013.

⁴¹ La Fraunhofer Gesellschaft zur angewandten Forschung e.V. è un'organizzazione tedesca che raccoglie 60 istituti di ricerca applicata.

Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen

La Germania nel corso del 2007 ha avviato il progetto Niedrigenergiehaus im Bestand für Schulen volto a elaborare dei progetti di riqualificazione su 70 scuole tedesche, costruite tra il 1950 e il 1990, con l'obiettivo di testare nuovi standard e tecnologie per il risparmio energetico e aumentare l'efficienza e l'uso delle rinnovabili, offrendo un sistema di agevolazioni, tra cui prestiti a lungo termine e a basso tasso di interesse, supporto tecnico in fase di realizzazione degli interventi, per coloro che hanno preso parte al progetto.

L'école de L'énergie

La società energetica francese (EDF) ha realizzato un sito internet per educare al risparmio energetico negli edifici scolastici e alla salvaguardia ambientale che illustra in maniera elementare come si sviluppa l'energia e come la si può utilizzare in modo responsabile.

1.3.3 Programmi Nazionali

Anche l'Italia ha adottato politiche energetico-ambientali rivolte al settore edilizio scolastico. Il Ministero dell'Ambiente e quello dell'Istruzione hanno promosso programmi e bandi finalizzati sia allo sviluppo delle rinnovabili negli enti pubblici e nelle scuole, con particolare riferimento all'integrazione delle tecnologie solari negli edifici (fotovoltaico e solare termico) sia alla riqualificazione degli edifici scolastici dal punto di vista energetico e di adeguamento alle normative vigenti sugli impianti e sull'abbattimento delle barriere architettoniche. I principali progetti banditi dai Ministeri sono stati: il *Programma Nazionale "Tetti Fotovoltaici"*⁴², il bando *"il sole a scuola"*,⁴³ il bando *"il sole negli enti pubblici"*, *"Il bando "il fotovoltaico nell'architettura"*,⁴⁴ il Programma Operativo Nazionale PON-FESR 2007-2013 *"Ambienti per l'Apprendimento"* - Asse II obiettivo C. e il Programma Operativo Interregionale POIN-FESR *"Energie rinnovabili e risparmio energetico"*, Asse II *"Efficienza energetica ed ottimizzazione del sistema energetico"*, Linea di attività 2.2.

⁴² Pubblicato sulla G.U. - serie generale - n. 74 del 29 marzo 2001

⁴³ Pubblicato sulla G.U. n. 126 del 1° giugno 2007.

⁴⁴ Ibidem nota 34.

Parallelamente ai suddetti programmi sono stati finanziati altri progetti da privati e aziende come: *“Scuole per Kyoto”* e *“My Future - Energia e riuso a scuola”*.

Programma Nazionale “Tetti Fotovoltaici”

Il programma pluriennale, promosso dal Ministero dell’ambiente con il supporto tecnico dell’ENEA nel 2001, disciplina le procedure per la richiesta di concessione e per l'erogazione del contributo a fondo perduto ai soggetti pubblici e privati per la realizzazione di interventi d'installazione di impianti fotovoltaici di piccola potenza (da 1 a 20 kW) collegati alla rete elettrica di distribuzione nazionale e installati negli edifici o su elementi di arredo urbano. Il programma, attualmente concluso, si è svolto in due fasi nel 2001-2002 e nel 2003-2004.

Il bando “Il Sole a Scuola”

Il bando, promosso nell’ambito del Programma Nazionale per la promozione dell’energia solare “Misura 2” nel 2007 e successivamente nel 2012, si rivolge ai Comuni e alle Province proprietari di edifici che ospitano scuole medie inferiori o superiori ed elementari ed è finalizzato alla realizzazione di impianti fotovoltaici sugli edifici scolastici, finanziabili nella misura del 100% del costo ammissibile per l’investimento, e all’avvio di un'attività didattica volta alla realizzazione di analisi energetiche e di interventi di razionalizzazione e risparmio energetico nei suddetti edifici, tramite il coinvolgimento degli studenti. Per tale progetto erano stati stanziati 4,7 milioni di euro, integrati, successivamente, con nuove risorse. Inoltre, il bando stabiliva un limite massimo di 10.000,00 euro per ogni edificio scolastico, di cui fino a 1.000,00 euro utilizzabili per supportare l'attività didattica di realizzazione delle analisi energetiche e degli interventi di razionalizzazione e risparmio energetico. Fra le numerose domande pervenute al Ministero sono state ammesse al finanziamento 485 scuole, con i seguenti risultati dichiarati: risultati dichiarati sono stati di 1200 Kw di potenza installati, 1,6 milioni di kWh prodotti e 1000 t di CO₂ risparmiate all’anno.

Il bando “il sole negli enti pubblici”

Il bando, promosso nell’ambito del Programma Nazionale per la promozione dell’energia solare “Misura 1” nel 2007 e conclusosi per esaurimento risorse nel

maggio del 2012, rivolto alle Pubbliche Amministrazioni e agli Enti Pubblici, finanzia la realizzazione di impianti solari termici in edifici pubblici, per la produzione di calore a bassa temperatura.

Il bando, che ha stanziato inizialmente 10 milioni di euro successivamente integrati con altri due milioni, copre il 50% dei costi ammissibili, quota che raggiunge il 65% nel caso in cui l'investimento venga coperto mediante finanziamento tramite terzi operato da una ESCO.

Ogni singolo progetto di impianto solare deve prevedere una superficie di pannelli di almeno 20 m². Inoltre il soggetto richiedente, per ottenere l'ammissione della domanda di partecipazione al bando, deve prevedere un sistema di monitoraggio atto a misurare l'energia fornita dall'impianto solare e l'energia termica consumata dall'utenza sotto forma di calore. Nonostante il bando non sia rivolto nello specifico all'edilizia scolastica il numero di richieste avente come soggetto le scuole è stato considerevole.

Il bando "il fotovoltaico nell'architettura"

Il bando, (pubblicato nel 2007) rivolto a Comuni capoluogo di provincia, Comuni in cui insistano territori facenti parti di aree naturali protette di valenza nazionale o regionale di cui alla legge n. 394/1991, Province, Università statali e agli Enti Pubblici di ricerca, è finalizzato alla realizzazione di impianti solari fotovoltaici, completamente integrati in complessi edilizi secondo criteri di replicabilità che risultino funzionali alle tipologie edilizie proprie del territorio e delle zone in cui verrà realizzato l'impianto stesso (taglia compresa tra 1 e 50 kWp).

Per la misura sono stati stanziati 2,6 milioni di euro, incrementati nel 2009 di un altro milione. Gli interventi incentivati nel bando sono finanziabili nella misura massima del 50% dei costi ammissibili; in virtù dell'alto valore degli impianti, viene stabilito un limite massimo per il costo ammissibile di 8.500,00 €/kWp installato. Anche in questo caso, pur non essendo il bando indirizzato nello specifico alle scuole, sono state raccolte numerose domande di adesione per interventi da effettuarsi su edifici scolastici.

PON-FESR 2007-2013 "Ambienti per l'Apprendimento" - Asse II obiettivo C

L'Asse II del PON "Ambienti per l'apprendimento", Obiettivo C, riguarda la "Qualità degli ambienti scolastici" e finanzia progetti finalizzati alla riqualificazione degli edifici scolastici in relazione all'efficienza energetica, alla messa a norma degli impianti, all'abbattimento delle barriere architettoniche, alla dotazione di impianti sportivi e al miglioramento dell'attrattività degli spazi negli Istituti di istruzione statali del Primo e del Secondo Ciclo insistenti su edifici pubblici siti nelle regioni interessate dall'Obiettivo Convergenza (Calabria, Campania, Puglia e Sicilia). L'ammontare messo a disposizione dal bando per le quattro regioni era, originariamente, di 220 milioni di euro, mentre l'importo massimo finanziabile, per ogni singola Istituzione Scolastica, era di 350.000 euro per le scuole del primo ciclo e 750.000 euro per quelle del secondo ciclo.

POIN-FESR 2007-2013 "Energie rinnovabili e risparmio energetico", Asse II
"Efficienza energetica ed ottimizzazione del sistema energetico", Linea di attività
2.2

Il Programma, approvato nel 2007, finanzia Interventi di efficientamento energetico degli edifici e utenze energetiche pubbliche o ad uso pubblico" aventi carattere esemplare e dimostrativo ed un elevato grado di replicabilità a livello nazionale. In particolare il bando, per il quale sono stati destinati 20 milioni di euro, si rivolge alle istituzioni scolastiche statali di Primo e Secondo Ciclo, unitamente agli Enti Locali (comuni e Province) proprietari degli edifici adibiti a sede scolastica e localizzati nelle "Regioni convergenza" cioè Calabria, Campania, Puglia e Sicilia. Le soglie di finanziamento, per i progetti delle scuole sia di Primo che di Secondo Ciclo vanno da un importo minimo di 750.000 euro ad un massimo di 2.000.000 di euro.

"Scuole per Kyoto"

"Scuole per Kyoto" è un progetto Kyoto Club⁴⁵ che prevede l'attivazione di programmi didattici rivolti agli studenti delle Scuole medie inferiori e superiori con lo scopo di preparare le nuove generazioni alle nozioni tecniche e

⁴⁵ Kyoto Club è un'organizzazione non profit, nata ufficialmente nel febbraio del 1999, costituita da imprese, enti, associazioni e amministrazioni locali, impegnati nel raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas-serra assunti con il Protocollo di Kyoto.

scientifiche legate alla sostenibilità energetica e ambientale. Il programma prevede che le classi partecipino ad un percorso formativo-dimostrativo organizzato e coordinato dal Kyoto Club, affrontino l'analisi energetica della scuola che li ospita, identifichino le migliori soluzioni per il risparmio energetico e l'installazione di tecnologie solari sull'involucro, propongano interventi sulla base dei meccanismi di incentivazione esistenti. La migliore proposta, valutata da una commissione di esperti, verrà premiata con la realizzazione integrale delle opere compatibilmente con il budget disponibile individuato dalla Provincia. L'obiettivo specifico del progetto è di promuovere interventi di risparmio energetico e diffusione delle tecnologie solari negli edifici scolastici; questo per ridurre l'impatto ambientale e attivare programmi didattici rivolti agli studenti con lo scopo di formare le nuove generazioni ai principi della sostenibilità ambientale nel settore energetico e in edilizia, contribuendo a formare professionalità in grado di rispondere al meglio alle sfide che il settore dovrà affrontare nella transizione verso la generazione distribuita e una maggiore efficienza.

In particolare si vogliono raggiungere i seguenti obiettivi operativi:

1. Sensibilizzazione dei docenti e degli studenti alle tematiche del risparmio energetico delle fonti rinnovabili e più in generale alla sostenibilità nella produzione e uso dell'energia.
2. Realizzazione di interventi di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra nelle scuole. Soprattutto attraverso:
 - Misure di risparmio energetico sull'involucro, sugli impianti elettrici e termici e sulle apparecchiature di uso finale;
 - La diffusione di impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria;
 - La diffusione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica;
3. Supporto alle scuole nell'accesso a meccanismi di incentivazione nazionale disponibili e all'accesso all'istituto del finanziamento tramite terzi attraverso il coinvolgimento di ESCO.
4. Istituzione del premio nazionale

- Coinvolgimento delle scuole nell'analisi del comportamento energetico dell'edificio, individuazione degli interventi realizzabili, realizzazione degli interventi;
- Formare docenti e studenti sui principi dell'efficienza energetica e le fonti rinnovabili attivando programmi didattici nelle scuole.

“My Future - Energia e riuso a scuola”

Il presente progetto, avviato nel 2008 e promosso da Vodafone, Enel e Legambiente, è finalizzato ad accrescere la cultura eco-sostenibile fra gli studenti attraverso una particolare iniziativa che consiste nel trasformare vecchi telefonini dismessi in pannelli fotovoltaici da installare sugli edifici scolastici delle città di Agrigento, Grosseto, La Spezia, Comacchio, Pesaro e Palermo.

1.4 I metodi analitici per la valutazione della qualità globale dell'edificio

Il concetto di sostenibilità applicato al settore edilizio non considera solo l'impatto ambientale dell'edificio o la produzione e l'uso di energia ma anche il benessere delle persone che vivono all'interno e gli aspetti economici. Come descritto dalla norma ISO 15392, la sostenibilità si suddivide in tre aspetti primari che sono interdipendenti e interconnessi: l'aspetto ambientale, economico e sociale.⁴⁶ Ad oggi, l'aspetto ambientale è quello più studiato, per cui sono stati sviluppati diversi sistemi e strumenti per valutarlo.

Esistono due approcci valutativi della sostenibilità di un edificio: il Metodo qualitativo o a punteggio e il Metodo quantitativo. Il primo si basa su requisiti definiti a cui corrispondono specifici pesi e punteggi la cui somma globale indica il livello di sostenibilità energetica e ambientale dell'edificio; il secondo, di maggior dettaglio, fa riferimento all'analisi LCA valutando e quantificando l'energia inglobata dal fabbricato durante l'intero ciclo di vita. Si tratta quindi di un bilancio ambientale rigoroso dell'intero processo edilizio compresa la gestione e la fine vita dell'edificio.

In Italia, il quadro dei protocolli di valutazione della costruzione sostenibile è piuttosto frammentato e vede affermarsi sul mercato internazionale il protocollo LEED mentre a livello pubblico/regionale il protocollo ITACA.

Ciascuno di questi protocolli ha specificità, contenuti e modalità di applicazione propri con affinità e punti in comune ed entrambi sono basati su un sistema a punteggio con un elenco di requisiti a cui è assegnato un giudizio di valutazione, il punteggio globale definisce la sostenibilità ambientale dell'edificio.⁴⁷

⁴⁶ *Aspetto Ambientale*: capacità di mantenere qualità e riproducibilità delle risorse naturali. La sostenibilità ambientale viene valutata attraverso parametri che permettono di governare al meglio i vari aspetti di riduzione dei consumi e degli impatti ambientali.

Aspetto Economico: capacità di generare reddito e lavoro. La sostenibilità economica viene valutata attraverso parametri che permettono di governare al meglio i vari aspetti di riduzione dei costi che vanno a sommarsi per creare il costo complessivo durante l'intero ciclo di vita dell'edificio.

Aspetto Sociale: capacità di garantire condizioni di benessere e qualità della vita, equamente distribuite per classi e genere. La sostenibilità sociale e la qualità prestazionale vengono ulteriormente suddivise in requisiti più specifici che permettono di governare al meglio i parametri che caratterizzano il comfort e il benessere dell'utente.

⁴⁷ Cfr. Petrone D. (a cura di), *Linee guida per la progettazione con i protocolli di sostenibilità LEED e ITACA*, TEP srl., Milano, ottobre 2012

Tali protocolli sono stati sviluppati per diverse tipologie edilizie fra cui quella scolastica ricordiamo in questa trattazione il LEED 2009 for SCHOOLS, New Constructions and Major Renovations e ITACA 2011 per edifici scolastici.

LEED for SCHOOLS 2009, New Constructions and Major Renovations

Il sistema statunitense LEED (acronimo di The Leadership in Energy and Environmental Design) for SCHOOLS, sviluppato dallo U.S. Green Building Council (USGBC), fornisce un insieme di standard di misura per valutare la sostenibilità degli edifici scolastici sia di nuova realizzazione che esistenti, per questi ultimi si avvale di uno strumento specifico il LEED EB O&M (LEED for Existing Buildings Operating and Maintenance).

Il protocollo è organizzato in macro categorie e per ognuna di queste sono definiti dei pre-requisiti obbligatori ritenuti importanti per poter procedere con la certificazione ambientale dell'edificio, in concomitanza ai pre-requisiti obbligatori, ci sono aspetti facoltativi, definiti criteri il cui soddisfacimento a scelta della committenza e del gruppo di progettazione concorre al raggiungimento di soglie di classificazione della sostenibilità del tipo oro o platino. I prerequisiti e i crediti sono suddivisi in 5 macro categorie, in relazione agli aspetti ambientali trattati, riportate di seguito:

- Sostenibilità del sito: scelta e protezione del sito di costruzione in tutte le fasi di cantiere ed esercizio dell'edificio.
- Gestione delle acque: contenimento del consumo di acqua e uso di tecnologie per il risparmio idrico.
- Energia e atmosfera: riduzione dei consumi energetici dell'edificio e delle emissioni inquinanti in ambiente.
- Materiali e risorse: utilizzo di materiali locali prodotti in un certo raggio di km dal sito di costruzione, riciclabili o riciclati, uso di legno certificato.
- Qualità ambientale interna: benessere termoigrometrico, comfort visivo

A queste si aggiungono altre due categorie che sono Progettazione ed Innovazione (criteri innovativi specifici del progetto non individuabili tra quelli definiti nelle macro categorie precedenti) e Specificità Regionali con

assegnazione di pesi e punteggi diversi rispetto ai criteri definiti per le altre macro categorie in funzione di alcune specificità locali.

ITACA 2011 per edifici scolastici

Il presente protocollo, elaborato dall'Istituto per la Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale, pubblicato nel 2012 fornisce strumenti per valutare la sostenibilità degli edifici scolastici sia di nuova costruzione che esistenti. Come per i protocolli sviluppati per altre destinazioni d'uso, la valutazione delle prestazioni ambientali dell'edificio avviene attraverso una matrice di riferimento articolata in aree di valutazione, suddivise in categorie a loro volta ripartite in criteri, i quali descrivono tutto il processo produttivo di un edificio: dal sito di edificazione fino al libretto di manutenzione, valutandone la performance per singole componenti. Ad ogni criterio è associato un punteggio che concorre al raggiungimento di un livello univoco di sostenibilità. Nel sistema sono individuate 5 aree di valutazione che sono le seguenti:

- Qualità del sito;
- Consumo di risorse;
- Carichi ambientali;
- Qualità ambientale indoor;
- Qualità del servizio.

Ogni area comprende un certo numero di categorie (20 in totale) che raggruppano un certo numero di criteri (41 in totale). In funzione del soddisfacimento dei criteri si acquisiscono punti la cui somma definisce il livello di certificazione secondo una scala di valutazione costituita da 7 livelli che vanno da -1 (prestazione inferiore allo standard e alla pratica corrente) a 5 (prestazione considerevolmente avanzata rispetto alla migliore pratica di carattere sperimentale).

Per concludere possiamo affermare che l'adozione di pratiche sostenibili consente di rispondere ad una delle più importanti sfide del nostro tempo: limitare i cambiamenti climatici globali e la dipendenza da fonti energetiche non sostenibili allo scopo di salvaguardare la salute ed il benessere dell'uomo.

2. La riqualificazione energetica del patrimonio scolastico in Italia: criticità e principali tendenze

2.1 L'edilizia scolastica in Italia tra il XIX e il XX secolo

Nel dibattito architettonico italiano il tema dell'architettura scolastica, ma soprattutto il suo approccio formale alla progettazione architettonica, esemplificativo di come la scuola è stata da sempre testimone del mutamento delle condizioni sociali e dell'evoluzione dei principi educativi, riveste una posizione importante.

Gli edifici scolastici diventano una nuova tipologia edilizia nel periodo post-unitario con la nascita della scuola come istituzione di stato, quando la scolarizzazione era il problema principale e la diminuzione dell'analfabetismo costituiva la condizione necessaria per la costruzione di uno stato democratico.

Dalle scuole collocate nei palazzi delle famiglie nobiliari o degli ordini religiosi e dalla conversione di edifici dismessi, come caserme ed ospedali, che, attraverso lavori di ristrutturazione, venivano adattate a nuove funzioni come quella scolastica, cominciò a delinearsi un nuovo tipo che, improntato su concetti di convenienza, igiene e solidità, segue i dettami della normativa che ne definiscono la forma e la dimensione. Le prime disposizioni normative del 1888 servirono a definire un modello sia dal punto di vista architettonico che della concezione degli spazi interni, fissando il corretto dimensionamento dello spazio delle aule consigliandone il numero il tipo di illuminazione e aerazione, il dimensionamento e la disposizione delle finestre; il numero e i requisiti indispensabili dei servizi igienici correlati.¹ Si attesta la tipologia a corridoio (o scuola caserma) caratterizzata da un impianto semplice: aule disposte in serie, dalle dimensioni stabilite che si affacciano verso la migliore insolazione, distribuite da un lungo corridoio. Si delineano inoltre le diverse funzioni

¹ Cfr. Badaloni G., *Le malattie della scuola e la loro profilassi*, Società Editrice Dante Alighieri, Roma 1901, pp. 18-32.

all'interno dell'edificio scolastico: acquistano importanza lo spazio dell'atrio, l'auditorium e gli spazi aperti che conferiscano qualità all'intero edificio.

Dalla metà degli anni '30, in concomitanza con l'affermarsi del regime fascista si diffondono nuovi ideali: l'ubbidienza e la devozione allo Stato che influenzano i caratteri culturali e pongono come priorità l'allenamento ginnico e nuovi ideali educativi. Le architetture hanno una forte identità formale e monumentale che non si discosta dalle forme rigorose e dalla distribuzione interna degli edifici scolastici ottocenteschi.

Parallelamente al fascismo si sviluppa una nuova espressione architettonica e artistica: il razionalismo, che finisce per identificarsi totalmente nel regime, infatti, inizialmente, è simile a quest'ultimo anche ideologicamente perché propone un distacco netto col passato. Vengono promosse nuove iniziative architettoniche e urbanistiche come la costruzione di edifici pubblici fra cui le scuole, coerenti con la riforma scolastica Gentile². Si assiste alla chiusura delle scuole della prima riforma, mentre sorgono nuove scuole con rigorosi corpi di fabbrica caratterizzati da volumi geometrici elementari, coperture piane, elementi cilindrici e ampie aperture di luce, testimonianza dell'idea di grandezza che il regime aveva di sé. Uno stile architettonico semplice e privo di decori che si ripete sul territorio nazionale, con poche varianti, e che vede nella realizzazione dell'asilo Sant' Elia a Como di Giuseppe Terragni il modello per eccellenza di edilizia scolastica fascista che doveva essere da esempio per tutti gli edifici scolastici.

Nel secondo dopoguerra, in seguito alla necessità di fare i conti con i danni subiti dagli edifici scolastici a causa dei bombardamenti, si cominciarono a condurre studi in ambito legislativo e architettonico-compositivo sull'edilizia scolastica con l'obiettivo di ridisegnare i caratteri di tale architettura, che era stata influenzata fino ad allora dagli ideali del razionalismo e del governo fascista.

² Per riforma Gentile si intende la riforma scolastica varata in Italia nel 1923 con una serie di atti normativi (i regi decreti legislativi 31 dicembre 1922, n. 1679, 16 luglio 1923, n. 1753, 6 maggio 1923, n. 1054, 30 settembre 1923, n.2102 e 1 ottobre 1923, n. 2185) ad opera del Ministro dell'Istruzione del governo Mussolini il filosofo neoidealista Giovanni Gentile. La riforma Gentile è stata alla base del sistema scolastico italiano, mantenuta dopo la caduta del fascismo stesso, fino al 2010 (Riforma Gelmini).

La storia dell'edilizia scolastica moderna inizia con un concorso bandito dal Ministro della Pubblica Istruzione nel 1949, che invitava a non tener conto dei regolamenti sull'edilizia scolastica vigenti sino ad allora. La tipologia corrente era quella nota della "scuola-caserma", organizzata con uno schema convenzionale a corridoio che, seppur si basava su un regolamento aggiornato nel 1940, era vecchio di 50 anni. La rottura con tale schema acquistò subito un nome e una nuova immagine rappresentata dall'unità funzionale.

In altri termini questo è dunque il periodo della lotta contro la scuola tradizionale e della impostazione della scuola moderna in cui la problematica dell'edilizia scolastica si amplia dal funzionamento "fisico" del periodo razionalista, al funzionamento "psicologico"; alle considerazioni puramente metriche e igieniche si aggiungono quelle dello spazio, della luce, del colore. Inoltre la scuola acquista ambienti di vita collettiva e si apre verso la comunità. La forma più adatta per contenere aule è il "Padiglione", esso contiene la doppia illuminazione, si adatta con facilità all'ambiente naturale ed ha molti vantaggi su altri raggruppamenti di ambienti scolastici rispetto al tipo "Lineiforme".³

Prevalgono i concetti di "scuola casa" e "scuola all'aperto" nel doppio significato d'apertura alla società e all'ambiente naturale. Il movimento dell'architettura organica domina culturalmente il dibattito ed ampio spazio è dato ai modelli stranieri, come la scuola di Darmstadt di Hans Scharoun (1951), che associa all'unità funzionale la nozione comportamentale dei distretti e indica con l'individualizzazione delle parti e il modellamento dei percorsi (la strada-scuola) le strategie progettuali per rafforzare pedagogicamente lo spazio comunitario. La fluidità fra interno ed esterno costituisce un altro requisito di questa genesi, poiché permette di rispondere ai movimenti e ai problemi percettivi che riguardano gli spazi transizionali di soglia: traiettorie dei passaggi, tipo e qualità delle vedute, uso dei materiali, dosaggio della luce, traguardi percettivi.

Gli architetti che in questa fase si distinguono per il contributo al dibattito attraverso le loro opere sono Ciriaco De Bono, Mario Ridolfi e Ludovico Quaroni.

³ Cfr. Leschiutta F.E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende-norme-tipi/1949-1974*, Bulzoni editore, Roma 1975, pp. 15-30.

Cicconcelli, vincitore del concorso del 1949 e direttore dal 1952 del Centro studi per l'edilizia scolastica, approfondisce i suoi studi in tale settore, diffondendo nel 1952 i principi scharouniani della scuola di Darmstadt, redigendo Norme Tecniche e promuovendo la sperimentazione di nuove proposte per la realizzazione di strutture scolastiche basate su criteri di prefabbricazione e industrializzazione.

Fra il 1955 e il 1963 Ridolfi e Frankl disegnano gli asili del quartiere Canton Vesco ad Ivrea e di Poggibonsi. Queste opere riassumono le linee principali della ricerca ridolfiana (il recupero della tradizione artigiana, l'esaltazione dell'architettura povera) coniugandole con i temi al centro del dibattito, l'utilizzo del padiglione a pianta quadrata e il concetto di scuola all'aperto.

Ma è la scuola elementare di Ludovico Quaroni del 1959, sempre ad Ivrea, che meglio di altre riassume i caratteri della ricerca teorica di quegli anni: l'integrazione socio-funzionale (nel complesso scolastico era prevista anche una parte a negozi), l'equilibrio fra gli elementi e la chiarezza figurativa, l'uso della luce zenitale come componente dello "spazio-scuola", il senso di leggerezza evocato dalla soluzione delle coperture quadrate traforate e dalla grande pergola che delimita l'area d'intervento, con tale modello si chiude la prima fase di rinnovamento.

Fra gli inizi degli anni sessanta e metà degli anni settanta la costruzione di nuovi edifici scolastici riceve un forte impulso grazie al varo nel 1962 della scuola media unica⁴ per cui viene nominata una commissione nazionale di studio sull'edilizia per la nuova scuola media. Nel 1967 con la legge 641 la costruzione degli edifici si affida alla stesura di piani quinquennali. "Ginepraio burocratico", com'è definita da Fausto Ermanno Leschiutta⁵, la legge genera un decentramento delle responsabilità che determina problemi nel reperimento dei finanziamenti. La procedura dello "stralcio progettuale" dissemina il territorio nazionale di edifici incompleti o non terminati che presto diventano ruderi. Nel 1968, in

⁴ Istituita con D.M. del 24 aprile 1963

⁵ Cfr. Leschiutta F.E., *Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende- norme- tipi /1949-1985*. Seconda edizione aggiornata, Bulzoni editore, Roma 1985, pp. 96-104

concomitanza con il primo censimento nazionale dell'edilizia scolastica, si istituisce la scuola materna statale.

Intanto il tema della scuola moderna diviene oggetto di studi e ricerche anche nelle facoltà di architettura.

Nel 1970 sono approvate le Nuove Norme, con gli obiettivi di omogeneizzare la qualità su tutto il territorio nazionale e adeguare i cantieri ad un processo tecnologico più avanzato, attraverso il coinvolgimento dell'industria delle costruzioni, si va approfondendo la ricerca sulla prefabbricazione come sistema indispensabile per razionalizzare il processo edilizio. La prefabbricazione è considerata uno strumento basilare per conseguire gli obiettivi della qualità diffusa e della flessibilità.

La nozione di flessibilità è vista sia in termini evolutivi che di adattabilità. La scuola è pensata non più solo come una struttura spaziale ma anche come un luogo di variazioni a componente temporale. Lo studio di nuovi sistemi costruttivi libera e approfondisce i temi dell'aula modificabile, delle unità didattiche accorpabili, dell'intercambiabilità, concetti già indagati alla fine degli anni Quaranta sebbene in un regime costruttivo tradizionale. Si assiste, in questi anni al passaggio dal cantiere tradizionale a procedure di costruzione più industrializzate, con la crescente standardizzazione di queste ultime dopo un periodo di grande eterogeneità nelle soluzioni che regolavano sistemi tecnologici e disegni delle componenti.

Seppure in ritardo rispetto agli altri paesi europei, l'entrata della scuola-fabbrica nel panorama edilizio italiano si combina con la produzione di alcuni progetti di alta qualità nei quali il rischio dell'indifferenza planimetrica è costantemente annullato da una complessità spaziale e da uno standard elevato, non paragonabile con l'edilizia comune.

Gli architetti più coinvolti in questa sperimentazione sono Luigi Pellegrin, Gino Valle e Aldo Rossi. Il primo, che ha realizzato più di quaranta scuole in varie zone d'Italia, sostiene che la compattezza produce economia e che lo spazio interno può inoltrarsi fluido fra pause ed eventi di vario genere, rilevando la valenza paesistica dell'edificio scolastico alla piccola e alla grande scala. Valenza doppia, come se il manufatto da un lato debba dotarsi di una forte riconoscibilità, per

qualificare gli interstizi del territorio urbano, dall'altro trattare lo spazio interno come sequenza percettiva programmata con l'introduzione di scatti altimetrici, sfondamenti, compressioni e dilatazioni prospettiche, costituendo, quindi, nel panorama del dibattito nazionale sull'edilizia scolastica prefabbricata un caso a sé.

In seguito all'approvazione della nuova normativa per l'edilizia scolastica (D.M. del 18 dicembre 1975 - *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica*)⁶ si appronta un nuovo programma di scuole prefabbricate nel cui ambito l'opera di Gino Valle rappresenta un valido modello. La nuova struttura scolastica, basata su una struttura modulare a maglia rettangolare, una distribuzione delle aule periferiche intorno ad un atrio centrale a doppia altezza, e un rivestimento esterno con pannelli in cemento armato prefabbricato, non si sviluppa su un contenitore unico ma su quattro tipi di contenitori per attività omogenee (corpo didattico, corpo palestra, corpo mensa e centrale termica) secondo una logica scalare che offre varietà nelle combinazioni planimetriche lasciando al contempo ampi margini di flessibilità. I corpi possono essere costruiti su terreni di varia natura e sono in grado di adeguarsi a diversi programmi.

A partire dagli anni '70 Aldo Rossi presenta alcuni diversi progetti di edifici scolastici in cui è possibile notare una rilettura del monumentalismo. Il carattere del manufatto architettonico si affida al rigore tipologico che ne determina la sua forza evocativa. I progetti codificano un paesaggio architettonico di pochi segni, uno spazio dove ciascuno, non solo l'alunno, può allontanarsi dal frastuono del mondo. Nel caso di Fagnano Olona la scuola è come una piccola città costruita intorno a una piazza centrale dove le diverse destinazioni d'uso assumono precise forme evocative. Nel caso della scuola elementare De Amicis a Broni il concept rossiano è ancora più rigoroso e riduttivo: democratizzare lo schema del palazzo con distribuzione interna a portico, trasformare la piazza in quattro corti, ridurre l'edificio scolastico vero e proprio a un'architettura essenziale, primigenia.

⁶ Pubblicato sulla G.U. del 2 febbraio 1976 n. 29

Precisione tipologica, ricercata semplicità, recupero della memoria popolare nella configurazione degli spazi aperti (la piazza e la corte come parti aggreganti non condizionanti) sono i caratteri che renderanno tali scuole vere e proprie icone dell'architettura italiana degli anni 70.

Gli anni ottanta, invece, sono caratterizzati da un clima di frammentario sperimentalismo per lo più centrato sulla memoria storica come elemento conduttore del progetto.

Mentre proseguono le esperienze progettuali che vedono nell'edificio scolastico l'irrinunciabile aggregato per la costituzione di nuovi poli civici (scuola media a Pieve Emanuele-Milano di Guido Canella, 1982), il manierismo storicista condiziona la forma delle parti e torna a dislocare i caratteri dell'edificio scolastico sulle facciate del contenitore. Metafora archeologica e mimesi stilistica delineano le istruttorie progettuali. Così accade nell'asilo nido-scuola materna a Santa Severina (1980), dove Alessandro Anselmi scompone il programma funzionale in frammenti di forme evocative ad alto tasso simbolico, stravolgendo con originalità l'immagine canonica della scuola per infanzia.

Dagli anni 90 fino al 2013, anno in cui sono state emanate le nuove linee guida⁷ contenenti indirizzi progettuali di riferimento per la costruzione di nuove scuole,

⁷ Le nuove linee guida recanti *“Norme tecniche-quadro, contenenti gli indici minimi e massimi di funzionalità urbanistica, edilizia, anche con riferimento alle tecnologie in materia di efficienza e risparmio energetico e produzione da fonti energetiche rinnovabili, e didattica indispensabili a garantire indirizzi progettuali di riferimento adeguati e omogenei sul territorio nazionale”*, varate nell'aprile del 2013, che sostituiscono il D.M. del 18 dicembre 1975, contengono premesse relative: all'aula, allo spazio di gruppo, allo spazio laboratoriale, allo spazio individuale, allo spazio informale e di relax.

Riportano utili indicazioni: sugli aspetti urbanistici, sugli spazi per le attività scolastiche, sugli impianti tecnologici, sui materiali, sulla sicurezza, sugli arredi.

Per quanto concerne gli aspetti urbanistici viene precisato che le aree scolastiche devono essere scelte in modo da diventare elementi di connessione per la loro naturale possibilità di diventare *“civic center”* e contribuire alla qualità del tessuto urbano circostante. Devono essere individuate in zone salubri, poco rumorose, lontane da strade importanti, in situazioni orografiche favorevoli, possibilmente pianeggianti per consentire l'organizzazione di attrezzature di gioco e sportive e, se le condizioni sono difficili, le aree dovranno essere adeguatamente ingrandite.

Eventuali deroghe devono essere riservate alle zone ad alta densità urbana o in ambienti collinari o montani.

In particolari condizioni il plesso scolastico può essere costituito da edifici situati in aree tra loro vicine, a condizione che siano a una distanza ragionevole, come un tempo di percorrenza di massimo 4-5 minuti o poste a metri 250-300 e collegate da un percorso sicuro.

Molto dettagliato il paragrafo relativo agli spazi per le attività scolastiche che dà puntuali indicazioni su Atrio, Spogliatoi e servizi igienici, Segreteria e Amministrazione, ambienti insegnanti, personale, Piazza - Agorà, Cucina e mensa, Sezione - spazio base (home base), Atelier

è subentrato progressivamente un disinteresse sul tema dell'edilizia scolastica. A causa della crisi economica, dei minori investimenti sul welfare, della contrazione delle nascite, delle scarse occasioni di nuova edificazione, gli studi negli enti statali preposti (ministeri, centri studi, università) si sono ridotti drasticamente e l'attività di progettazione e di sperimentazione tecnologica ha rivestito un ruolo marginale nella pubblicistica. Nonostante la pubblicazione di nuove linee guida e lo stanziamento di 38 milioni di euro⁸ per la realizzazione di nuovi edifici scolastici, oggi si interviene maggiormente sull'esistente o si punta ad economie di spesa dismettendo piccole unità e razionalizzando le risorse attraverso la concentrazione dei servizi in plessi scolastici esistenti o da ingrandire. Lo stock degli edifici per l'istruzione è oggetto di ristrutturazioni, ampliamenti, adeguamenti funzionali e tecnologici, sia per conformarsi ai nuovi indirizzi legislativi, sia per la necessità di una consistente riqualificazione di un patrimonio edilizio usurato dal tempo e dall'incuria. In particolare negli ultimi due anni sono stati stanziati alcuni fondi⁹ per interventi di riqualificazione finalizzati alla messa in sicurezza ed anche all'efficienza energetica.

- laboratori e laboratori specialistici, Spazi di apprendimento informale, Spazi aggiuntivi per civic center, Impianti sportivi, Spazi a cielo aperto, Magazzini e archivi.

Le linee guida precisano come la scelta dei materiali sia fondamentale per la qualità di una architettura, ma in particolare i materiali di finitura, cioè la pelle interna ed esterna dell'edificio ne qualificano l'aspetto e le modalità d'uso. Gli ambienti devono avere pareti apribili e la destinazione d'uso dei luoghi deve essere flessibile così come devono essere flessibili gli impianti elettrici (corpi illuminanti, etc.) e tecnologici (ventilazione, climatizzazione). È inoltre obbligatorio l'uso di fonti rinnovabili.

⁸ Direttiva 26 marzo 2013, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 81 del 6 aprile 2013.

⁹ Nel 2012, il Ministro Profumo aveva stanziato 680 milioni di euro, provenienti da fondi europei per riqualificare le scuole delle regioni della Convergenza, cioè Campania, Calabria, Puglia e Sicilia. Mentre nel 2013, il Ministro Carrozza aveva firmato il decreto che assegnava alle Regioni i primi 150 milioni previsti dal Decreto del "Fare" per interventi urgenti per la riqualificazione e la messa in sicurezza delle scuole statali.

2.2 Le criticità del patrimonio scolastico

Il fenomeno sempre più allarmante dei mutamenti climatici rende necessario alleggerire l'impatto delle attività umane sul Pianeta. La scuola è uno dei luoghi fondamentali dove le giovani generazioni acquisiscono gli strumenti necessari per disegnare il presente e il futuro delle loro esistenze.

Per questo lo stato di efficienza degli edifici scolastici gioca un ruolo determinante per favorire l'apprendimento, per veicolare il giusto esempio e le buone pratiche da replicare nella vita. Legambiente ogni anno realizza un'indagine sulla vivibilità degli edifici scolastici "Ecosistema Scuola" il cui obiettivo è accendere i riflettori sulla sicurezza e la sostenibilità delle scuole italiane.

Il patrimonio scolastico italiano è costituito da circa 42.000 scuole, la situazione emersa dall'ultimo rapporto di Legambiente¹⁰, presentato nel 2014 che ha interessato 5300 scuole dell'infanzia, primaria e secondaria di primo e secondo grado di 94 Comuni capoluogo di provincia, mostra chiaramente che gli edifici scolastici italiani sono piuttosto datati: è elevata, infatti, la percentuale di edifici (circa il 62%) realizzati prima dell'entrata in vigore della normativa antisismica del 1974 (Legge n.64/1974) e dell'emanazione della prima normativa tecnica attinente l'edilizia scolastica (D.M. del 18 dicembre 1975); mentre ancora più elevata è la percentuale (circa il 71%) di edifici realizzati tra il secondo dopoguerra e gli anni novanta prima quindi dell'entrata in vigore della prima legge sul risparmio energetico e sull'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici (L. n.10/1991). Solo il 4,8% (dato esiguo) degli edifici sono stati costruiti tra il 2001 e il 2012, quindi, secondo i criteri della sostenibilità e nel rispetto delle normative vigenti sia in materia antisismica che di efficienza energetica.

La tabella che segue rileva il quadro anagrafico delle scuole italiane rispetto al campione analizzato.

¹⁰ Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi.

ANNO DI REALIZZAZIONE EDIFICI SCOLASTICI	
Edifici realizzati prima del 1900	5,6%
Edifici realizzati tra il 1900 e il 1940	15,0%
Edifici realizzati tra il 1941 e il 1974	40,7%
Edifici realizzati tra il 1975 e il 1990	29,2%
Edifici realizzati tra il 1991 e il 2000	4,7%
Edifici realizzati tra il 2001 e il 2012	4,8%

FIG. 1 – quadro anagrafico delle scuole italiane rispetto al campione analizzato. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Sono, invece, ancora più di un terzo dell'intero patrimonio scolastico (37,6%, valore leggermente più alto rispetto agli anni precedenti) gli edifici che necessitano di interventi di manutenzione urgenti, altro punto critico. Mentre la percentuale degli edifici che negli ultimi 5 anni hanno beneficiato di interventi di manutenzione straordinaria rimane invariata al 56,2%, come si evince dalla tabella sottostante.

MANUTENZIONE	ANNO 2008*	ANNO 2009*	ANNO 2010*	ANNO 2011*	ANNO 2012*
Edifici che necessitano d'interventi di manutenzione urgente	32,8%	36,1%	36,5%	35,8%	37,6%
Edifici che hanno goduto di manutenzione straordinaria negli ultimi 5 anni	49,0%	56,0%	55,2%	56,4%	56,2%

* Anno di riferimento dati

FIG. 2 – quadro delle manutenzioni urgenti. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Dal rapporto di Cittadinanzattiva¹¹ emerge anche che in una scuola su 7 ci sono lesioni strutturali evidenti, presenti in gran parte sulla facciata esterna dell'edificio, il 20% delle aule presenta distacchi di intonaco, muffe, infiltrazioni e umidità che sono stati rilevati in quasi un terzo dei bagni (31%) e in un aula e palestra su quattro. Il 39% delle scuole presenta uno stato di manutenzione del tutto inadeguato, nel 84% dei casi hanno richiesto interventi manutentivi all'ente interessato, ma quest'ultimo, nel 21% delle situazioni, è intervenuto con estremo ritardo. Gli interventi di tipo strutturale, che richiedono più soldi e tempo, sono stati richiesti nel 34% delle scuole, ma solo in un caso su quattro l'ente proprietario è intervenuto e nel 14% l'intervento non è mai arrivato.

¹¹ XI "Rapporto su sicurezza, qualità e comfort degli edifici scolastici" realizzato da Cittadinanzattiva, in collaborazione con l'Unione Italiana Lotta alla Distrofia Muscolare (UILDM). L'indagine ha interessato 165 scuole di 18 Regioni, tutte ad eccezione di Valle D'Aosta e Liguria, ed è stata condotta da 155 cittadini monitori attraverso 446 indicatori.

Purtroppo il motivo per cui emergono i dati suddetti è dovuto alla drastica riduzione degli investimenti per manutenzione straordinaria di circa 41 milioni di euro rispetto all'anno precedente, come si evince nella tabella sottostante.

INVESTIMENTI	Totale investimenti 2009*	Totale investimenti 2010*	Totale investimenti 2011*	Totale investimenti 2012*
Manutenzione straordinaria	€ 208.186.758	€ 179.642.866	€ 168.361.086	€ 127.062.773
Manutenzione ordinaria	€ 52.408.810	€ 45.576.021	€ 47.662.389	€ 39.582.705

* Anno di riferimento dati

Fig. 3 – quadro degli investimenti per le manutenzioni. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Investimenti che regione per regione presentano scostamenti, anche significativi sia in positivo (Emilia Romagna, Puglia, Sardegna, Trentino alto Adige, Umbria) sia in negativo (Liguria, Lombardia, Marche, Piemonte, Sicilia, Veneto) rispetto all'anno precedente. Significativo è il dato del Molise che nel 2011 dichiarava un investimento medio ad edificio scolastico di 107.500 € mentre nel 2012 non ha stanziato fondi

REGIONE	Media investimenti manutenzione straordinaria Anno 2009*	Media investimenti manutenzione straordinaria Anno 2010*	Media investimenti manutenzione straordinaria Anno 2011*	Media investimenti manutenzione straordinaria Anno 2012*
ABRUZZO	€ 32.608	€ 18.400	€ 10.000	€ 13.622
BASILICATA	n.p.	€ 43.447	€ 13.934	€ 16.667
CALABRIA	€ 21.495	€ 23.764	€ 27.489	€ 23.681
CAMPANIA	€ 19.417	€ 44.562	€ 4.677	€ 5.481
EMILIA R.	€ 53.160	€ 19.991	€ 14.112	€ 42.443
FRIULI V. GIULIA	€ 29.833	€ 29.454	€ 32.231	€ 38.311
LAZIO	€ 34.916	€ 13.483	€ 13.128	€ 11.598
LIGURIA	€ 35.426	€ 11.020	€ 24.945	€ 11.877
LOMBARDIA	€ 91.977	€ 47.106	€ 70.491	€ 45.617
MARCHE	€ 13.906	€ 34.351	€ 20.542	€ 1.462
MOLISE	€ 45.454	€ 37.037	€ 107.500	€ 0
PIEMONTE	€ 29.644	€ 57.128	€ 63.533	€ 16.164
PUGLIA	€ 15.918	€ 12.307	€ 10.793	€ 29.473
SARDEGNA	€ 19.560	€ 37.172	€ 10.536	€ 20.542
SICILIA	€ 34.253	€ 15.611	€ 27.910	€ 2.541
TOSCANA	€ 24.900	€ 43.229	€ 42.563	€ 39.789
TRENTINO ALTO ADIGE	€ 113.708	€ 135.334	€ 58.230	€ 134.630
UMBRIA	€ 35.052	€ 14.404	€ 9.411	€ 19.429
VENETO	€ 20.558	€ 26.997	€ 23.164	€ 14.634

* Anno di riferimento dati

Fig. 4 – quadro della media degli investimenti per le manutenzioni straordinarie per tutte le Regioni. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Poco significativo il calo di investimenti in regioni con un'elevata esigenza di manutenzioni urgenti come Abruzzo, Sicilia e Lombardia, così come la crescita poco significativa di investimento in Campania dove un edificio su due necessita di interventi urgenti.

REGIONE	Necessità di interventi di manutenzione urgente 2009*	Necessità di interventi di manutenzione urgente 2010*	Necessità di interventi di manutenzione urgente 2011*	Necessità di interventi di manutenzione urgente 2012*
ABRUZZO	95,2%	81,6%	53,8%	94,5%
BASILICATA	n.p.	62,9%	60,7%	32,1%
CALABRIA	61,2%	33,3%	30,5%	40,8%
CAMPANIA	43,8%	47,0%	51,1%	51,8%
EMILIA ROMAGNA	12,7%	16,2%	19,3%	28,4%
FRIULI V. GIULIA	50,5%	54,4%	40,7%	44,1%
LAZIO	23,3%	31,4%	28,0%	4,7%
LIGURIA	23,4%	46,2%	36,7%	53,2%
LOMBARDIA	49,6%	43,5%	50,4%	49,1%
MARCHE	11,5%	17,9%	21,4%	20,0%
MOLISE	22,7%	63,0%	20,8%	0,0%
PIEMONTE	9,4%	11,8%	24,2%	39,9%
PUGLIA	37,8%	43,7%	40,6%	20,5%
SARDEGNA	45,7%	35,9%	37,5%	28,7%
SICILIA	60,5%	63,0%	57,7%	57,7%
TOSCANA	31,4%	18,0%	22,7%	14,4%
TRENTINO ALTO ADIGE	19,5%	13,7%	13,7%	12,9%
UMBRIA	36,3%	26,6%	27,1%	26,8%
VENETO	24,3%	22,0%	17,7%	63,8%

Fig. 5 – quadro della necessità di interventi di manutenzioni urgenti per tutte le Regioni. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Se prendiamo in considerazione le 4 aree del nostro paese (Nord, Centro, Sud e Isole) possiamo osservare come nel nord la media degli investimenti per manutenzione straordinaria risulti quasi tre volte quella del sud, nonostante vi sia una maggiore necessità di interventi nelle regioni meridionali. Ciò si evince anche dalla tabella della Top ten dei Comuni che investono di più in manutenzione straordinaria e ordinaria per ciascun edificio scolastico.

Top ten Comuni che investono per manutenzione straordinaria	Media investimenti per singolo edificio scolastico	Top ten Comuni che investono per manutenzione ordinaria	Media investimenti per singolo edificio scolastico
BOLZANO	€ 239.321	LODI	€ 55.178
PISA	€ 80.877	TRIESTE	€ 20.833
RAVENNA	€ 74.648	MILANO	€ 19.585
FIRENZE	€ 73.650	FIRENZE	€ 19.554
BOLOGNA	€ 66.418	LECCE	€ 17.948
MILANO	€ 56.336	PARMA	€ 17.764
FERRARA	€ 56.226	BOLZANO	€ 16.871
TRIESTE	€ 54.761	MACERATA	€ 15.277
LECCE	€ 41.282	COMO	€ 15.139
BRESCIA	€ 41.237	FORLI	€ 14.246

Fig. 6 – quadro della top ten dei Comuni che investono per manutenzione straordinaria. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Un'altra nota dolente riguarda il fronte delle certificazioni, molti edifici, infatti, ne sono ancora carenti: circa il 61% possiede il certificato di agibilità, che attesta la sussistenza delle condizioni di sicurezza, igiene, salubrità, risparmio energetico degli edifici e degli impianti in essi installati, solo il 35,9% il certificato di prevenzione incendi, mentre l'83% hanno impianti elettrici a norma.

CERTIFICAZIONI	ANNO 2008*	ANNO 2009*	ANNO 2010*	ANNO 2011*	ANNO 2012*
Certificato di collaudo statico	46,8%	48,6%	51,1%	50,4%	52,4%
Certificato idoneità statica	56,0%	56,0%	52,6%	51,6%	54,2%
Certificato di agibilità	54,5%	57,7%	54,1%	58,1%	61,2%
Certificato agibilità igienico - sanitaria	72,3%	69,8%	68,8%	71,9%	73,8%
Certificato prevenzione incendi	43,1%	35,4%	34,8%	34,5%	35,9%
Scale di sicurezza	48,8%	51,8%	53,2%	54,0%	54,5%
Porte antipanico	90,1%	90,1%	88,6%	90,7%	90,2%
Prove di evacuazione	95,4%	95,1%	93,1%	97,9%	94,4%
Impianti elettrici a norma	81,9%	79,6%	77,6%	82,4%	83,4%
* Anno di riferimento dati					

FIG. 7 – quadro delle certificazioni. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Dal punto di vista dell'efficienza e della sicurezza emerge che solo lo 0,6% degli edifici è stato costruito secondo criteri di bioedilizia, quindi solo 12 Comuni vi hanno investito, e l'8,8% secondo criteri antisismici. Poca efficienza ma anche poca sicurezza se si pensa che solo sul 27,3% degli edifici è stata eseguita la verifica di vulnerabilità statica. Dato ancora più preoccupante se si considera che sono solo il 21,1% i Comuni che dichiarano di ritrovarsi in area a rischio sismico (Zona 1 e 2) rispetto al 32,4% dello scorso anno.

EFFICIENZA E SICUREZZA	ANNO 2009*	ANNO 2010*	ANNO 2011*	ANNO 2012*
Edifici costruiti secondo criteri di bioedilizia	0,4%	0,4%	0,7%	0,6%
Edifici costruiti secondo criteri antisismici	10,1%	10,3%	8,2%	8,8%
Edifici in cui è stata eseguita la verifica di vulnerabilità sismica		24,8%	27,5%	27,3%
Edifici in cui è stata eseguita la verifica di vulnerabilità antisismica nei Comuni a rischio sismico (zona 1 e 2)			32,4%	21,1%
* Anno di riferimento dati				

FIG. 8 – quadro dell'efficienza e sicurezza. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Riguardo il risparmio e l'efficienza energetica si fa riferimento principalmente agli impianti di illuminazione e all'uso di energie rinnovabili e non ai risparmi ottenuti migliorando le prestazioni energetiche dell'involucro edilizio ciò significa che,

nonostante la cultura delle amministrazioni locali verso l'edilizia scolastica stia cambiando con azioni per la realizzazione e la riqualificazione delle scuole nell'ottica della sostenibilità e dell'efficienza energetica, si presta ancora poca attenzione agli interventi sull'involucro sui quali bisognerebbe puntare di più se si vogliono ottenere miglioramenti più sostanziosi in termini energetici.

Dalle tabelle che seguono emerge che il 62,9% delle scuole utilizza i neon, mentre il 20,4% utilizza altre illuminazioni a basso consumo come fluorescenti compatte o led.

RISPARMIO ENERGETICO	ANNO 2008*	ANNO 2009*	ANNO 2010*	ANNO 2011*	ANNO 2012*
Fonti di illuminazione a basso consumo	49,3%	63,9%	66,0%	60,6%	
Illuminazione a neon					62,9%
Altre illuminazioni a basso consumo					20,4%
<i>* Anno di riferimento dati</i>					

Fig. 9 – quadro del risparmio energetico. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Il dato sull'utilizzo di fonti rinnovabili negli edifici scolastici è salito al 13,5% grazie anche ai vari bandi¹² promossi dal Ministero per incentivare l'uso di fonti alternative.

Se consideriamo solo gli edifici che utilizzano fonti rinnovabili possiamo affermare che il fotovoltaico (80,8%) è la fonte maggiormente utilizzata, seguita dal solare termico (24,9%). Si accodano con valori poco significativi la geotermia (1,6%) e le biomasse (0,4%). In nessun edificio sono presenti impianti a biogas.

ENERGIE RINNOVABILI	ANNO 2008*	ANNO 2009*	ANNO 2010*	ANNO 2011*	ANNO 2012*
Fonti di energia rinnovabile	6,3%	8,2%	11,6%	12,4%	13,5%
Edifici con impianti solari termici**					24,9%
Edifici con impianti solari fotovoltaici**					80,8%
Edifici con impianti geotermia e/o pompe di calore**					1,6%
Edifici con impianti a biomassa**					0,4%
Edifici con impianti a biogas**					0,0%
Edifici che utilizzano il mix di fonti rinnovabili**					9,6%
% copertura dei consumi da fonti rinnovabili					35,6%
<i>* Anno di riferimento dati</i>	<i>** Dato riferito ai soli edifici che utilizzano rinnovabili</i>				

Fig. 10 – quadro delle energie rinnovabili impiegate negli edifici scolastici. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

¹² Vedi Cap.1, Par. 1.3.3

Le regioni con dati più significativi sull'utilizzo di fonti rinnovabili sono Puglia (59,1%), Veneto (32,7%), Abruzzo (28,9%), Sardegna (23,8%), Emilia Romagna (23,6%). La Campania ha un dato poco significativo (3,5%) ma non è fanalino di coda, in particolare gli edifici scolastici che hanno installato esclusivamente impianti solari fotovoltaici rappresentano circa il 94,1%.

REGIONE	Edifici che utilizzano fonti rinnovabili	REGIONE	Edifici che utilizzano fonti rinnovabili
ABRUZZO	28,9%	MOLISE	0,0%
BASILICATA	0,0%	PIEMONTE	7,2%
CALABRIA	6,5%	PUGLIA	59,1%
CAMPANIA	3,5%	SARDEGNA	23,8%
EMILIA ROMAGNA	23,6%	SICILIA	11,5%
FRIULI V. GIULIA	7,5%	TOSCANA	19,6%
LAZIO	14,0%	TRENTINO ALTO ADIGE	14,5%
LIGURIA	9,1%	UMBRIA	4,8%
LOMBARDIA	5,2%	VENETO	32,7%
MARCHE	13,1%		

FIG. 11 – quadro degli edifici scolastici che utilizzano fonti rinnovabili suddiviso per regioni. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

REGIONE	Edifici con impianti solare termico*	Edifici con impianti solare fotovoltaico*	Edifici con impianti geotermia e/o pompe di calore*	Edifici con impianti biomassa*
ABRUZZO	54,0%	90,0%	0,0%	0,0%
BASILICATA	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CALABRIA	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
CAMPANIA	5,9%	94,1%	0,0%	0,0%
EMILIA ROMAGNA	32,5%	62,7%	0,0%	1,2%
FRIULI V. GIULIA	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
LAZIO	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
LIGURIA	4,2%	100,0%	0,0%	0,0%
LOMBARDIA	15,4%	89,7%	5,1%	0,0%
MARCHE	41,2%	58,8%	0,0%	0,0%
MOLISE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
PIEMONTE	3,1%	90,6%	0,0%	6,3%
PUGLIA	5,5%	94,5%	0,0%	0,0%
SARDEGNA	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
SICILIA	59,3%	52,5%	1,7%	0,0%
TOSCANA	35,4%	62,5%	2,1%	0,0%
TRENTINO ALTO ADIGE	33,3%	72,2%	0,0%	0,0%
UMBRIA	37,5%	62,5%	0,0%	0,0%
VENETO	12,4%	84,3%	2,5%	0,0%

FIG. 12 – quadro degli edifici scolastici che utilizzano diverse fonti rinnovabili suddiviso per regioni. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente

Nel 2013 Legambiente ha effettuato delle indagini termografiche che dimostrano quale sia lo stato in cui versano gli edifici scolastici dal punto di vista del comfort termico. Tali strutture analizzate agli infrarossi mostrano infatti dispersioni

termiche diffuse in corrispondenza delle strutture portanti, dei caloriferi e degli impianti di riscaldamento. Anche le verifiche sui serramenti mostrano infiltrazioni di aria fredda dall'esterno con il risultato di avere spazi freddi e inutili sprechi energetici. Come nel caso dell'Istituto tecnico industriale "Calamandrei" di Bari, costruito negli anni '60 – '70: le termografie effettuate mostrano perdite di calore in corrispondenza della struttura portante (ponti termici) e forti fenomeni di infiltrazione d'acqua a causa della proliferazione di muffe all'interno dell'edificio.

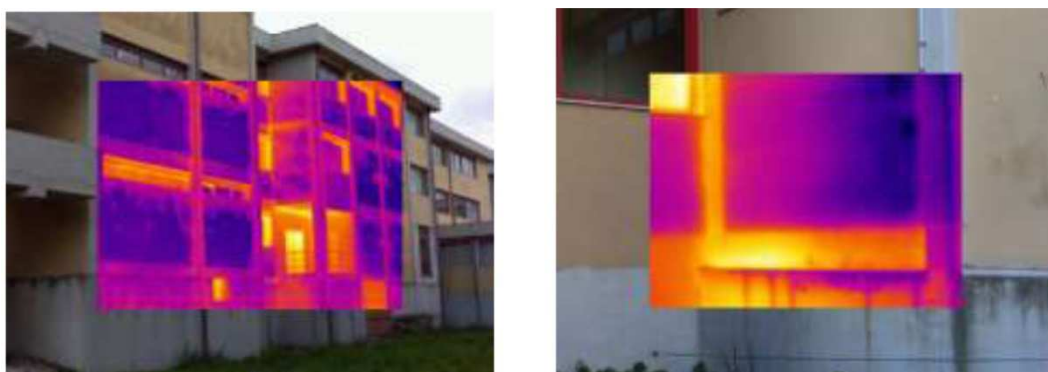


FIG. 13 –Rilevo termografico dell'Istituto tecnico Industriale "Calamandrei", Bari Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente.

A Messina nella scuola dell'infanzia di nuova costruzione, in zona Paradiso, la termografia ha evidenziato ponti termici fra il telaio della struttura portante e le tamponature. Ciò significa che nonostante la recente realizzazione la scuola non è stata progettata e costruita secondo criteri di sostenibilità, in osservanza delle disposizioni inerenti le prestazioni energetiche emanate nei diversi Decreti legislativi. (Vedi Cap. 1, par. 1.2.2)

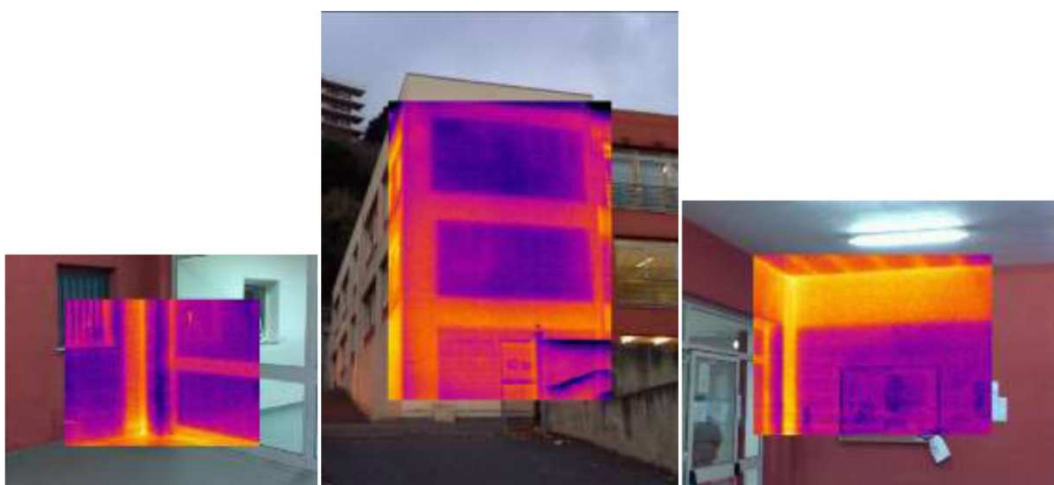


FIG. 13 –Rilevo termografico della Scuola dell'infanzia, Messina. Fonte: Ecosistema Scuola 2013, XIV rapporto di Legambiente.

Per concludere possiamo dire che il trend maggiormente positivo che si registra riguarda proprio l'utilizzo di fonti rinnovabili negli edifici scolastici che dal 2009 al 2013 è passato dal 6,3% al 13,5% dimostrando quanto le Amministrazioni abbiano saputo cogliere le opportunità degli incentivi e delle nuove tecnologie per migliorare la qualità delle scuole ed attivare il virtuosismo sia del conto energia che del risparmio in bolletta.

Per incentivare tale processo occorrono misure specifiche per l'edilizia scolastica all'interno della nuova programmazione dei fondi strutturali orientati all'efficienza energetica, che richiederebbe sia interventi volti ad incrementare le prestazioni energetiche del sistema involucro-impianto che di messa in sicurezza degli edifici e avvierebbe quella politica di risparmio di denaro da reinvestire in qualità energetica e manutenzione.

2.1 Le buone pratiche di riqualificazione energetica

Negli ultimi dieci anni la cultura e l'interesse da parte del Governo, delle Regioni e delle Amministrazioni locali verso i temi della sostenibilità, dell'efficienza e del risparmio energetico in edilizia, con particolare attenzione a quella scolastica sono maturati, come dimostrato anche da alcune ricerche condotte, negli ultimi anni, sull'edilizia scolastica ecocompatibile, dalla casa editrice Edicom Edizioni¹³ e dall'Istituto emiliano Bioecolab¹⁴.

Ciò che emerge da queste ricerche, oltre al cambiamento in atto nel nostro paese a livello costruttivo e culturale, è che i progetti individuati sono principalmente nuove costruzioni o ampliamenti con nuove edificazioni, raramente sono interventi di riqualificazione dell'esistente in termini di adeguamento energetico. E in quest'ultimo caso si tratta di interventi relativi all'installazione di impianti fotovoltaici o solari termici, incentivati da finanziamenti di bandi specifici, spesso in contraddizione con le caratteristiche dell'involucro altamente disperdente.

Inoltre, un altro dato che affiora è che i progetti individuati sono localizzati nell'Italia settentrionale e centrale, e nessuno nel meridione ciò significa che al sud siamo ancora in una fase embrionale su queste tematiche.

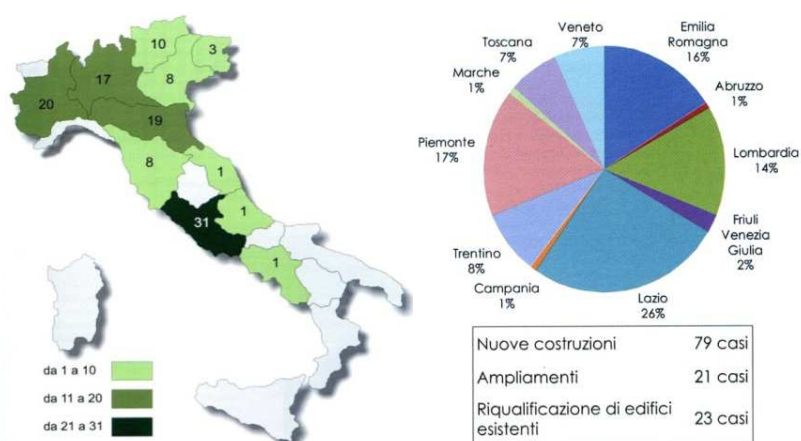


FIG. 14 –Mappatura delle scuole ecocompatibili monitorate in totale e distribuzione percentuale sul territorio Nazionale. Fonte: Tedesco S., Riqualificazione energetico-ambientale del costruito: edifici scolastici.

¹³ La casa editrice friulana, nell'ambito del "Progetto Percorsi di Sostenibilità" ha esaminato 123 scuole, distribuite sul territorio nazionale, costruite, ampliate o riqualificate secondo principi ecocompatibili.

¹⁴ L'istituto di ricerca sui temi dell'urbanistica e dell'edilizia sostenibile, nell'ambito della ricerca dal titolo "Strutture scolastiche della Provincia di Modena. Criteri di bioedilizia e di efficienza energetica" ha effettuato un'indagine sulle strutture scolastiche, presenti nella provincia di Modena, che prevedevano l'applicazione di criteri di bioedilizia ed efficienza energetica.

Nonostante questa premessa è possibile individuare l'approccio e i principali indirizzi alla riqualificazione energetica degli edifici scolastici esistenti, attraverso alcune esperienze nazionali più significative (buone pratiche)¹⁵ in cui, seppur l'obiettivo non era l'adeguamento energetico, sono stati eseguiti tali interventi.

L'approccio all'intervento di riqualificazione, generalmente, si differenzia in relazione al grado di istruzione della scuola, in particolare nelle scuole dell'infanzia e primarie gli interventi sono più orientati verso un retrofit passivo (un approccio globale nei confronti dell'edificio che riguarda il sistema involucro-impianto, l'inserimento di volumi all'esterno -serre solari, logge etc. e la riorganizzazione degli spazi interni) mentre nelle scuole secondarie di primo e secondo grado è più frequente riscontrare interventi di retrofit attivo (che riguardano solo il sistema impiantistico). Il motivo di questa differenziazione consiste, in primo luogo, nelle dimensioni dell'edificio: in genere le scuole dell'infanzia e primarie hanno dimensioni inferiori poiché accolgono un numero di utenti limitato, mentre le scuole secondarie, soprattutto quelle di secondo grado, possono ospitare un numero maggiore di alunni e sono dimensionalmente maggiori. Inoltre le scuole secondarie di secondo grado hanno spazi riservati ai laboratori o, in alcuni casi, alle officine che vengono occupati per periodi di tempo limitati e presentano attrezzature per la didattica molto energivore, per cui l'intervento di retrofit attivo offre un elevato ed immediato risparmio dei consumi elettrici.

Nell'ambito del retrofit attivo gli interventi più ricorrenti riguardano la sostituzione di caldaie vecchio tipo con caldaie più efficienti a condensazione o dove possibile con il collegamento alla rete di teleriscaldamento abbinate a sistemi di emissione a bassa temperatura (pannelli radianti a pavimento o a parete), l'inserimento di valvole termostatiche sui corpi radianti esistenti, sostituzione di lampade al neon con lampade più efficienti, sostituzione degli alimentatori magnetici con quelli elettronici, installazione di impianti di ventilazione meccanica controllata e installazione di impianti fotovoltaici.

¹⁵ Buone pratiche estrapolate da: Antonini E., Boeri A., *Progettare scuole sostenibili*, Edicom edizioni, Monfalcone 2011; Boarin P., *Edilizia Scolastica. Riqualificazione energetica e ambientale*, Edicom edizioni, Monfalcone 2010; Modulo n.362, 2010.
<http://www.eerg.it/greenbuilding/bestPractise.php>

Nel caso di retrofit passivo, oltre agli interventi succitati, i più ricorrenti sono: sostituzione degli infissi per inserire vetri altamente isolanti (vetrocamera o doppio vetrocamera bassoemissivo), isolamento termico dell'involucro edilizio (cappotto esterno, isolamento interno delle chiusure verticali, isolamento all'estradosso delle coperture, isolamento all'intradosso del solaio contro terra o verso locali non riscaldati). Meno frequente è l'applicazione di tecnologie di sfruttamento passivo dell'energia come serre solari per il guadagno solare invernale, doppie pelli (pareti ventilate vetrate o opache) per il raffrescamento delle pareti sovra riscaldate e per l'allontanamento dell'umidità, camini di ventilazione trasversale naturale e dispositivi di controllo solare (frangisole, schermi).¹⁶

ITIS "C. ZUCCANTE" – Mestre (VE)



Il blocco amministrativo della scuola superiore "C. Zuccante", realizzata nel 1970, è stato oggetto, nel 2006-2007, di un intervento di riqualificazione energetica.

L'intervento ha interessato l'involucro, gli impianti (illuminazione e ventilazione).

INVOLUCRO: sono stati sostituiti i serramenti esistenti (telaio metallico e vetro singolo) con infissi con telaio a taglio termico e vetrocamera basso emissivo riempito ad argon ($U=1,34 \text{ W/m}^2\text{K}$), è stato realizzato un isolamento a cappotto costituito da pannelli in lana di roccia (sp. 8cm, $U=0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$). In copertura è stato inserito uno strato di isolante costituito da pannelli in lana di roccia (sp. 11cm, $U=0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$), ed il manto è stato rivestito con pittura chiara e altamente riflettente nell'infrarosso solare.

ILLUMINAZIONE: sono stati sostituiti gli alimentatori magnetici con quelli elettronici.

RISCALDAMENTO: invariato

VENTILAZIONE: è stato introdotto un sistema per la ventilazione notturna per migliorare il comfort estivo.

ALTRI INTERVENTI: non sono stati previsti ulteriori interventi

CLASSE ENERGETICA: si è passati da un $EPI=123,5 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ ad un $EPI= 62,7 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$, con un risparmio annuale di energia elettrica di 5.279€/anno e di 10.033€/anno per il riscaldamento.

¹⁶ Cfr. Boarin P., *Edilizia Scolastica. Riqualificazione energetica e ambientale*, Edicom edizioni, Monfalcone 2010, pp. 318-320

SCUOLA ELEMENTARE A CASTELDARNE - Comune di Chienes (BZ)



Prima dell'intervento



Dopo l'intervento

La scuola, realizzata nel 1970, è situata in Val Pusteria, a Casteldarne, all'ombra del monte che da sud domina il paese. L'edificio, che ospita attività scolastiche, laboratoriali, una biblioteca, una palestra, un centro giovanile e le sedi di alcune associazioni locali, è stato oggetto di un intervento di ampliamento e riqualificazione e adeguamento energetico nel 2006.

L'intervento sulla parte esistente ha interessato l'involucro, gli impianti (illuminazione, riscaldamento, ventilazione) e la riorganizzazione dell'assetto distributivo-funzionale interno.

Prima di realizzare l'intervento è stata elaborata un'analisi dei consumi energetici dell'edificio e un'analisi termografica che ha permesso di localizzare le aree soggette a sprechi energetici. In questo modo sono stati individuati i ponti termici, le dispersioni termiche attraverso l'involucro e gli infissi, le infiltrazioni d'acqua e d'aria.

INVOLUCRO: i ponti termici sono stati eliminati attraverso la realizzazione di un isolamento a cappotto costituito da pannelli in polistirene espanso (sp. 20cm, $U=0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$). Le finestre sono state sostituite con infissi ad alta tenuta all'aria con telaio legno-alluminio con vetri basso emissivi ($U=0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$). La copertura esistente è stata rimossa per ampliare e sopraelevare il vano sottotetto. La nuova copertura è stata realizzata con moduli autoportanti in legno con riempimento di materiale isolante in fiocchi di fibra di cellulosa, successivamente è stata completata con uno strato di ventilazione e un manto di copertura in lamiera di rame ($U=0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$). Il solaio contro terra è rimasto invariato ma è stato introdotto uno strato di isolamento termico in polistirene espanso ($U=0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$).

ILLUMINAZIONE: sono state sostituite le lampade al neon con lampade più efficienti e meno abbaglianti.

RISCALDAMENTO: la caldaia a gasolio è stata sostituita con una più efficiente a gas, sono stati mantenuti i termosifoni esistenti ed aggiunte valvole termostatiche mentre nel vano sottotetto, ex-novo, e nella palestra è stato installato un sistema di riscaldamento a pavimento.

VENTILAZIONE: è stato inserito un impianto di ventilazione meccanica controllato con recuperatore di calore, al fine di garantire idonei standard di ventilazione e di benessere olfattivo e, contemporaneamente, di avere un buon livello di efficienza energetica. Il sistema di ventilazione è decentrato per ogni classe, al fine di poter essere utilizzato solo quando serve realmente, la portata del sistema, per ogni aula, è di $400 \text{ m}^3/\text{h}$.

ALTRI INTERVENTI: non sono stati previsti ulteriori interventi.

CLASSE ENERGETICA: si è passati da un $\text{EPI} < 160 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ (classe F) ad un $\text{EPI} = 25 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ (classe *Casaclima A^{più}*).

SCUOLA PER L'INFANZIA PROVINCIALE - Monguelfo (BZ)



Prima dell'intervento



Dopo l'intervento

La scuola, realizzata nel 1951, è situata non lontano dal principale asse stradale del paese di Monguelfo in una zona caratterizzata in prevalenza da edifici residenziali. L'edificio, con forma a C che ospita diverse attività e funzioni (aula di musica, biblioteca, palestra, appartamento del custode), è stato oggetto di un intervento di ampliamento e riqualificazione e adeguamento energetico nel 2004.

L'intervento sulla parte esistente ha interessato l'involucro, gli impianti (illuminazione, riscaldamento, ventilazione) e la riorganizzazione dell'assetto distributivo-funzionale interno.

Prima di realizzare l'intervento è stata elaborata un'analisi dei consumi energetici dell'edificio e un'analisi termografica che ha permesso di localizzare le aree soggette a sprechi energetici. In questo modo sono stati individuati i principali ponti termici presenti nelle chiusure verticali opache e trasparenti.

INVOLUCRO: i ponti termici sono stati eliminati attraverso la realizzazione di un isolamento a cappotto costituito da pannelli in polistirene espanso (sp. 20cm), fino ad un metro d'altezza e inserito nel terreno per una profondità di 50 cm, successivamente sormontati da pannelli in calcio silicato. Per utilizzare al meglio l'apporto solare (luce ed energia) le finestre sono state ampliate fino alla quota del pavimento. I nuovi infissi sono costituiti da un telaio in legno-alluminio con doppio vetrocamera basso emissivo ($U=0,87 \text{ W/m}^2\text{K}$). Dato che il vano sottotetto non era abitabile si è optato per l'isolamento termico dell'ultima partizione orizzontale, attraverso la posa in opera di pannelli in fibra di legno (sp. 20cm). Il solaio contro terra è rimasto invariato ma per ridurre le dispersioni termiche verso il piano seminterrato è stato introdotto uno strato di isolamento termico in polistirene espanso nell'intradosso.

ILLUMINAZIONE: sono state sostituite le lampade al neon con luci calde non abbaglianti con maggiore efficienza energetica.

RISCALDAMENTO: La caldaia a gasolio è stata sostituita con una più efficiente a gas, i termosifoni sono stati sostituiti con pannelli radianti a parete, posti al di sotto dell'intonaco e dotati di termostato di regolazione all'interno di ogni vano.

VENTILAZIONE: è stato inserito un impianto, di tipo decentralizzato, per la ventilazione meccanica controllata (VCM) con recuperatore di calore, al fine di migliorare la qualità dell'aria, di ridurre le perdite energetiche dovute alla ventilazione manuale e di evitare l'inquinamento acustico proveniente dall'esterno. Il sistema è costituito da dispositivi indipendenti, posti all'interno delle singole aule. Ogni apparecchio è controllabile in modo autonomo dall'interno dell'aula attraverso appositi sistemi di regolazione e viene messo in funzione solo nel periodo di permanenza dei bambini nelle aule.

ALTRI INTERVENTI: non sono stati previsti ulteriori interventi (fotovoltaico, etc.).

CLASSE ENERGETICA: si è passati da un $\text{EPI}=165 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ (classe G) ad un $\text{EPI}=18 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ (classe *Casaclima* A).

SCUOLA PER L'INFANZIA " VENTURI" - Volano (TN)



Prima dell'intervento



Dopo l'intervento

La scuola, realizzata agli inizi del 1900, è situata sulla sommità della piccola altura interna al paese di Volano, in una zona, ricca di vegetazione, isolata da altri edifici ma vicino alla chiesa del Comune. L'edificio, formato da due corpi di fabbrica distinti che ospitano la scuola da un lato e gli alloggi per le suore dall'altro, è stato oggetto di un intervento di ristrutturazione ed ampliamento nel 2001.

L'intervento sulla parte esistente ha interessato l'involucro, gli impianti (illuminazione, riscaldamento, ventilazione) e la riorganizzazione dell'assetto distributivo-funzionale interno.

In questo caso non è stata effettuata un'analisi termografica nè dei consumi energetici poichè il motivo principale dell'intervento era l'ampliamento della struttura esistente.

INVOLUCRO: essendo l'edificio vincolato architettonicamente, è stato realizzato un isolamento dall'interno costituito da pannelli in sughero naturale (sp. 4cm) successivamente coperti da una controparete in laterizio (sp. 8cm). Tutti gli infissi sono stati sostituiti con nuovi infissi con telaio in legno e vetrocamera basso emissivo. Per evitare il ponte termico ogni telaio è stato isolato con apposite guarnizioni ("isolgomma") in modo da evitare il contatto diretto tra intonaco e telaio. La copertura esistente è stata rimossa per sopraelevare il piano sottotetto. La nuova copertura è stata realizzata con una struttura portante in legno lamellare, al di sopra del quale è stato posato un doppio tavolato incrociato (per adempiere alle leggi antisismiche), uno strato di isolamento termico e acustico formato da pannelli in fibra di legno (sp.6 cm) e da uno strato successivo in pannelli in sughero biondo (sp. 6cm). Al di sopra del quale sono stati posati i travetti per la predisposizione di uno strato di ventilazione continua naturale della copertura. Il solaio controterra è stato rimosso per realizzare un nuovo sottofondo ventilato costituito da "igloo" resi solidali attraverso un getto in calcestruzzo con rete elettrosaldata. Tra i moduli del sistema igloo sono stati posti dei tubi in collegamento con l'ambiente esterno per creare una ventilazione continua al fine di evitare fenomeni di umidità di risalita e infiltrazioni di gas radon.

ILLUMINAZIONE: sono stati installati corpi illuminanti a basso consumo e non abbaglianti controllati da un sistema di domotica.

RISCALDAMENTO: è stata installata una caldaia a condensazione ad alto rendimento, e come terminali di riscaldamento sono stati inseriti pannelli radianti a pavimento

VENTILAZIONE: l'impianto di ventilazione meccanica controllata (VCM) è stato inserito solo nelle cucine.

ALTRI INTERVENTI: non sono stati previsti ulteriori interventi (fotovoltaico etc.).

CLASSE ENERGETICA: classe B secondo il protocollo della Provincia di Trento.

SCUOLA PRIMARIA “ROSMINI” - Marco di Rovereto (TN)



Prima dell'intervento



Dopo l'intervento

La scuola, realizzata nel 1918, è situata nel centro storico del paese, sull'asse viario principale. L'edificio, di forma rettangolare caratterizzato da un impianto regolare e simmetrico, è stato oggetto di un intervento di ristrutturazione ed ampliamento nel 2004.

L'intervento sulla parte esistente ha interessato l'involucro, gli impianti (illuminazione, riscaldamento, ventilazione, dispositivi frangisole) e la riorganizzazione dell'assetto distributivo-funzionale interno.

In questo caso non è stata effettuata un'analisi termografica nè dei consumi energetici poichè il motivo principale dell'intervento era l'ampliamento della struttura esistente.

INVOLUCRO: essendo l'edificio vincolato architettonicamente, è stato realizzato un isolamento dall'interno costituito da pannelli in sughero naturale (sp. 4cm) successivamente coperti da una controparete in laterizio (sp. 8cm). Per lo stesso motivo, sono stati utilizzati infissi con telaio in legno verniciato e vetrocamera termoisolante ($U=1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) aventi le stesse dimensioni degli infissi esistenti ma con modalità di apertura differente. La copertura esistente è stata ricostruita per sopraelevare il piano sottotetto. La nuova copertura è stata realizzata con una struttura portante in legno lamellare, con assito in legno, barriera al vapore e successivo strato di coibentazione costituito da pannelli in sughero biondo naturale (sp. 8cm) e materassini in fibra di legno a media densità (sp. 6cm, $U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$), successivamente è stato realizzato uno strato di ventilazione con relative barriere a diffusione e travetti in legno per la posa del manto di copertura costituita da coppi. Il solaio contro terra è stato rimosso per realizzare un nuovo sottofondo ventilato costituito da "iglù" resi solidali attraverso un getto in calcestruzzo con rete elettrosaldata. Tra i moduli del sistema iglù sono stati posti dei tubi in collegamento con l'ambiente esterno per creare una ventilazione continua al fine di evitare fenomeni di umidità di risalita e infiltrazioni di gas radon. Successivamente è stato completato con un massetto alleggerito con sughero granulato e legante (sp. 6cm), un sistema radiante a pavimento con tubi in PVC annegati nel massetto di diffusione (sp. 7,5cm) e una pavimentazione posata a colla.

ILLUMINAZIONE: sono stati installati corpi illuminanti altamente efficienti con attenzione al controllo del fenomeno di abbagliamento.

RISCALDAMENTO: è stata installata una caldaia a condensazione ad alto rendimento alimentata a metano, e come terminali di riscaldamento sono stati inseriti pannelli radianti a pavimento in ogni aula.

VENTILAZIONE: è stato installato un impianto di ventilazione meccanica controllata (VCM) con recupero di calore per mantenere il comfort termico e acustico.

ALTRI INTERVENTI: La parte centrale appartenente al fronte sud dell'edificio esistente è stata protetta con un dispositivo frangisole costituito da lamelle in alluminio.

CLASSE ENERGETICA: classe B secondo il protocollo della Provincia di Trento.

**ISTITUTO PROFESSIONALE DI STATO PER L'INDUSTRIA E L'ARTIGIANATO" -
Rovigo**



Prima dell'intervento



Dopo l'intervento

La scuola, realizzata nel 1980, è situata ai margini del contesto urbano in una zona prevalentemente residenziale. L'edificio, di forma lineare con aule rivolte a sud, è stato oggetto di un intervento di installazione di una facciata fotovoltaica nel 2004 che rientra all'interno del progetto nazionale "*Bando tetti fotovoltaici*" del 2002 in cui la Provincia di Rovigo si è classificata al secondo posto.

L'intervento, che non ha riguardato l'involucro, gli impianti (illuminazione, riscaldamento, ventilazione) nè la riorganizzazione dell'assetto distributivo-funzionale interno, era finalizzato alla creazione di una doppia pelle in vetro costituita da moduli fotovoltaici.

INVOLUCRO: invariato

ILLUMINAZIONE: invariata.

RISCALDAMENTO: invariato.

VENTILAZIONE: non è mai stato previsto.

ALTRI INTERVENTI: è stata realizzata una doppia pelle costituita da moduli vetrati con inserimento di celle fotovoltaiche distanziate fra loro al fine di permettere il passaggio della luce. I moduli coprono una lunghezza pari all'interasse tra i pilastri e sono sorretti da profili verticali in alluminio che percorrono verticalmente tutta la facciata, a partire dal primo piano. Oltre all'ombreggiamento dei locali, la doppia pelle fotovoltaica posta ad una distanza di circa 12 cm dalla facciata vetrata esistente, è in grado di innescare un effetto camino per surriscaldamento del vetro stesso dei moduli, fungendo da facciata ventilata in grado di allontanare i carichi termici estivi. I moduli vengono interrotti in corrispondenza delle aperture della facciata per permettere la ventilazione naturale delle aule. L'impianto, con una potenza nominale di 34.160 W, è collegato alla rete ed è in grado di produrre circa 27.500 kWh/anno di energia elettrica in corrente alternata, corrispondente a circa 20 ton/anno di emissioni di CO₂ non prodotte.

CLASSE ENERGETICA: non è stata calcolata la classe energetica raggiunta ma è stato calcolato un abbattimento del 50% del surriscaldamento per irraggiamento solare.

SCUOLA ELEMENTARE "A. TOLOSANO" – Comune di Faenza



La scuola elementare, realizzata nel 1950, è stata oggetto di un intervento di riqualificazione energetica effettuato in due fasi: la prima nel 2003 e la seconda nel 2007-2008.

L'intervento ha interessato l'involucro (copertura) e l'impianto di riscaldamento.

INVOLUCRO: è stato effettuato un isolamento all'intradosso della copertura con pannelli in lana di vetro (sp. 8cm, $U=0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$)

ILLUMINAZIONE: invariata

RISCALDAMENTO: è stato installato un regolatore climatico di centrale che consente di variare la temperatura di mandata della caldaia in funzione della temperatura esterna e di ottimizzare gli intervalli di avviamento e di spegnimento della caldaia. È stata sostituita la caldaia attuale con un gruppo modulare di quattro caldaie a condensazione da 63,4 kW ciascuna e rendimento nominale del 109%. Infine sono stati installati sui radiatori valvole termostatiche.

VENTILAZIONE: non è stato previsto l'installazione di un impianto di ventilazione.

ALTRI INTERVENTI: non sono stati previsti ulteriori interventi (fotovoltaico, etc)

CLASSE ENERGETICA: si è passati da un $E_{Pi}=96,1 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ ad un $E_{Pi}= 54,9 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$, con un risparmio annuale di energia elettrica di 5.279€/anno e di 10.033€/anno per il riscaldamento.

2.4 Verso una riqualificazione progressiva

Dato il periodo storico caratterizzato da una forte e crescente crisi economica a livello mondiale, le ultime tendenze in materia di efficienza e risparmio energetico e quindi di strategie progettuali di riqualificazione energetica del costruito vedono un approccio che anzichè puntare ad una riduzione drastica dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ (ad esempio l'obiettivo di riduzione dei consumi energetici dell'80% che si persegue con interventi di "deep retrofit" o "Whole house" che coinvolgono l'intero edificio con elevati costi d'investimento) punta su riduzioni graduali che consistono nell'abbattimento dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ più bassi, come riduzioni del 30-50-60%, con interventi puntuali, progressivi e di conseguenza più economici che riguardano un singolo intervento o la somma di due o più interventi (ad esempio isolare solo le chiusure verticali opache o solo la copertura etc. oppure sommare due o più interventi, isolamento della copertura più sostituzione della caldaia, isolamento della copertura più sostituzione della caldaia più inserimento di fonti di energia rinnovabile, e via dicendo). Una strategia progettuale basata, quindi, sulla scelta di più scenari alternativi di riqualificazione energetica a seconda degli obiettivi che si vogliono raggiungere e delle reali disponibilità economiche dell'utente pubblico o privato che si appresta ad affrontare un intervento di retrofit energetico.

Questa strategia progettuale è stata proposta, nel 2011, dall'azienda inglese Kingspan,¹⁷ che ha sviluppato quattro soluzioni alternative per il retrofit energetico, (Retro_1 EnvelopeFirst™, Retro_2 EnvelopePlus, Retro_3 Renewables, Retro_4 Deep Renovation) volte a migliorare le performance degli edifici ed ottenere un considerevole risparmio economico ed energetico.

¹⁷ Azienda leader nel mondo per prodotti e servizi legati alla sostenibilità ambientale e alle sue problematiche, riconosciuta nell'industria delle costruzioni per il suo impegno nella progettazione di qualità, per i servizi tecnici offerti e per l'innovazione dei suoi prodotti

Retro_1 EnvelopeFirst™

Isolamento delle chiusure verticali opache o della copertura con prodotti isolanti eco-efficienti, in grado di migliorare le prestazioni termoisolative dell'involucro.

Retro_2 EnvelopePlus

In aggiunta alle misure adottate in Retro_1, si prevede l'aggiornamento o la sostituzione degli impianti inefficienti di riscaldamento, ventilazione, illuminazione.

Retro_3 Renewables

In aggiunta alle misure adottate in Retro_1 e Retro_2, si prevede l'implementazione di tecnologie da fonti rinnovabili in modo da ridurre i costi energetici e i consumi di CO₂.

Retro_4 Deep Renovation

Attraverso l'applicazione combinata di elevati standard costruttivi, impianti ad alto rendimento energetico e l'uso di tecnologie da fonti rinnovabili, è possibile ridurre le emissioni di CO₂ dell'80%

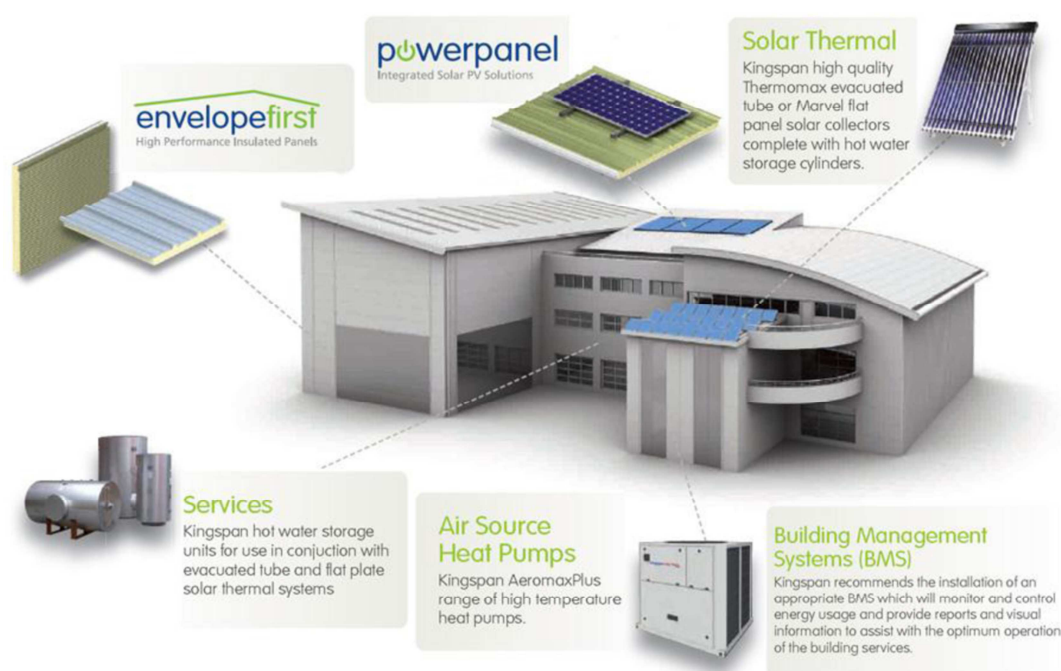


FIG. 15 - Approccio di tipo "Whole house", corrispondente alla soluzione Retro_4, dove per ottenere elevate riduzioni di CO₂ le azioni strategiche di retrofit devono essere combinate e implementate all'unisono (interventi di miglioramento dell'involucro, efficientamento energetico degli impianti, produzione di energia da fonti rinnovabili). Fonte: Kingspan, Retrofit_Energy Saving Solutions.

La Kingspan ha commissionato alla Elmhurst Energy¹⁸ di effettuare un'accurata valutazione delle prestazioni energetiche di quattro edifici appartenenti a quattro differenti tipologie edilizie non residenziali –scolastica, commerciale, terziaria e produttivo/industriale- valutandone le condizioni attuali con l'ausilio di un apposito software di calcolo dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ mensili (SBEM), sulla base di input relativi alle caratteristiche dimensionali,

¹⁸ Compagnia che si occupa di consulenza specialistica in materia energetica diretta all'industria delle costruzioni britannica

geometriche e tecnico-costruttive dell'edificio. Per ciascun edificio sono state adottate le quattro soluzioni di retrofit, in modo da calcolare il risparmio energetico ottenibile dall'implementazione dell'una o dell'altra ipotesi. Sulla scorta dei risultati ottenuti è stata redatta un'approfondita analisi dei costi in rapporto ai benefici di natura energetica, includendo i dati relativi ai costi capitali e al payback previsto. In questo modo la preferibilità delle ipotesi può basarsi su dati concreti, misurabili ed attinenti la reale eco-efficienza delle soluzioni adottate (efficienza economica più efficienza energetica).

Case Study: Education

Ovingham Middle School, Northumberland,
350 Pupils, 1970s Middle School, (1,600m²)



FIG. 16 – Esempio di applicazione della metodologia; dal confronto delle quattro colonne emergono i dati relativi al risparmio energetico ed economico derivante dall'applicazione delle diverse soluzioni di retrofit. Fonte: Kingspan, Retrofit_Energy Saving Solutions.

La strategia progettuale basata su scenari di retrofitting è stata sviluppata anche nell'ambito del progetto Europeo INTEgrated Energy RETrofitting in Buildings (INTEREB) il cui obiettivo era quello di definire le procedure necessarie al fine di promuovere interventi di riqualificazione energetica nell'ambito di operazioni di generale ristrutturazione degli edifici. Lo scopo principale della metodologia, sviluppata nel progetto che ha coinvolto quattro paesi europei Francia, Bulgaria, Polonia e Italia, era di facilitare la valutazione del potenziale di risparmio energetico di un patrimonio edilizio sia pubblico che privato e fornire uno strumento alle Amministrazioni e agli operatori di settore per l'attuazione di strategie di pianificazione volte ad integrare i requisiti energetici nei processi di riqualificazione edilizia. Ciò ha portato all'elaborazione di possibili scenari di retrofitting degli edifici che analizzino aspetti tecnici ed economici prevedendo un approccio che valuti i potenziali risparmi energetici, derivanti da azioni di uso razionale dell'energia, la riduzione dell'impatto ambientale in termini di emissioni di CO₂ e i tempi di ritorno dell'investimento effettuato.

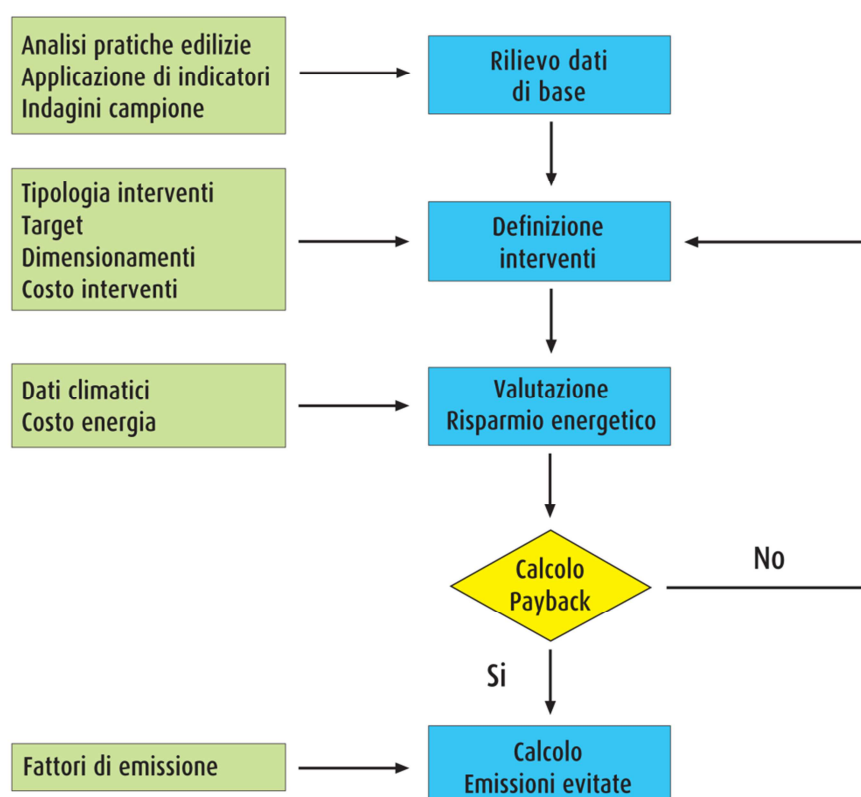


FIG. 17 – Diagramma generale delle principali fasi della metodologia approntata.

Primo Scenario	Secondo Scenario	Terzo Scenario
Isolamento della copertura	Isolamento dei muri perimetrali + Sostituzione dei vetri semplici con doppi vetri + Installazione di valvole termostatiche	Isolamento della copertura + Isolamento dei muri perimetrali + Sostituzione dei vetri semplici con doppi vetri + Installazione di valvole termostatiche

FIG. 18 – possibili scenari di retrofitting degli edifici.

Successivamente, la metodologia è stata applicata a diversi casi studio, in Italia è stato scelto come caso studio il patrimonio edilizio residenziale della città di Varese.

	Primo Scenario	Secondo Scenario	Terzo Scenario
Risparmio energia primaria (tep/anno)	207	594	3574
Risparmio energetico (%)	4	36	40,4
Riduzione emissioni CO₂ (ton_{eq}/anno)	508	1459	8772
Costo investimento (€)	684.000,00	2.576.000,00	16.020.000,00
Tempo di ritorno (anni)	6,6	8,7	9,8

FIG. 19 – Risultati ottenuti nell'applicare la metodologia approntata ai tre diversi scenari per calcolare il potenziale di risparmio energetico conseguibile. In particolare il primo scenario è stato eseguito su 3.456 unità, il secondo su 1048 unità e il terzo su 5840 unità

3. Il patrimonio edilizio scolastico del Comune di Napoli

3.4 Il contesto della città di Napoli

Napoli, capoluogo dell'omonima provincia e della regione Campania, è situata al centro dell'omonimo golfo, dominato dal massiccio vulcanico del Somma-Vesuvio e delimitato ad est dalla penisola sorrentina con Punta Campanella, ad ovest dai Campi Flegrei con Monte di Procida, a nord ovest-est dal versante meridionale della piana campana che si estende dal lago Patria al nolano.

Il territorio urbano, limitato ad oriente dal Somma-Vesuvio e ad occidente dal complesso vulcanico dei Campi Flegrei, con una superficie di 11.727 ettari (la più bassa delle superfici territoriali delle grandi città italiane), è composto prevalentemente da colline (molti di questi rilievi superano i 150 metri d'altezza per giungere fino ai 452 m della collina dei Camaldoli), ma anche da isole, insenature e penisole a strapiombo sul Mar Tirreno, e gode di un clima mediterraneo con inverni miti e piovosi ed estati calde e secche, rinfrescate dalla brezza marina presente sul golfo, anche se la particolare conformazione morfologica del territorio fa in modo che la città possieda al suo interno differenti microclimi caratterizzando un clima leggermente più freddo spostandosi anche solo di qualche chilometro.

NAPOLI CAPODICHINO (1971-2000)	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	13	13,5	15,7	18,1	23	26,7	29,9	30,3	26,6	22,1	17,1	14,1	13,5	18,9	29	21,9	20,8
T. min. media (°C)	4,4	4,5	6,3	8,4	12,6	16,2	18,8	19,1	16	12,1	7,8	5,6	4,8	9,1	18	12	11
T. max. assoluta (°C)	20,4 1997	22,8 1990	27,8 1981	27,4 1983	34,8 1988	37,4 1982	39 1987	40 1981	37,2 1982	31,5 2000	26 1992	24,4 2000	24,4	34,8	40	37,2	40
T. min. assoluta (°C)	-5,6 1981	-3,8 1979	-3,6 1971	0,8 1979	5 1987	9 1986	11,2 1971	11,4 1972	5,6 1971	2,6 1972	-3,4 1973	-4,6 1986	-5,6	-3,6	9	-3,4	-5,6
Giorni di calura (T _{max} ≥ 30°C)	0	0	0	0	0	4	15	18	4	0	0	0	0	0	37	4	41
Giorni di gelo (T _{min} ≤ 0°C)	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	1	0	0	8
Precipitazioni (mm)	92,1	95,3	77,9	98,6	59	32,8	28,5	35,5	88,9	135,5	152,1	112	299	236	97	377	1 008
Giorni di pioggia	9	9	9	9	6	3	2	4	6	9	10	10	28	24	9	25	86
Giorni di nebbia	2	2	1	1	1	0	0	0	1	2	1	2	6	3	0	4	13
Umidità relativa media (%)	75	73	72	72	72	72	70	71	73	74	76	76	74,7	72	71	74,3	73

FIG. 1 – Medie climatiche e valori massimi e minimi assoluti registrati nel trentennio 1971-2000, pubblicati nell'Atlante Climatico d'Italia del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare relativo al medesimo trentennio.

Secondo la classificazione climatica italiana¹, Napoli è ubicata nella zona C (1034 gradi giorno).

In Italia le zone climatiche sono 6, dalla zona A che è la più calda, alla zona F che è la più fredda. L'unità di misura utilizzata per l'individuazione della zona climatica di appartenenza di ciascun comune è il grado giorno, ovvero la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera.

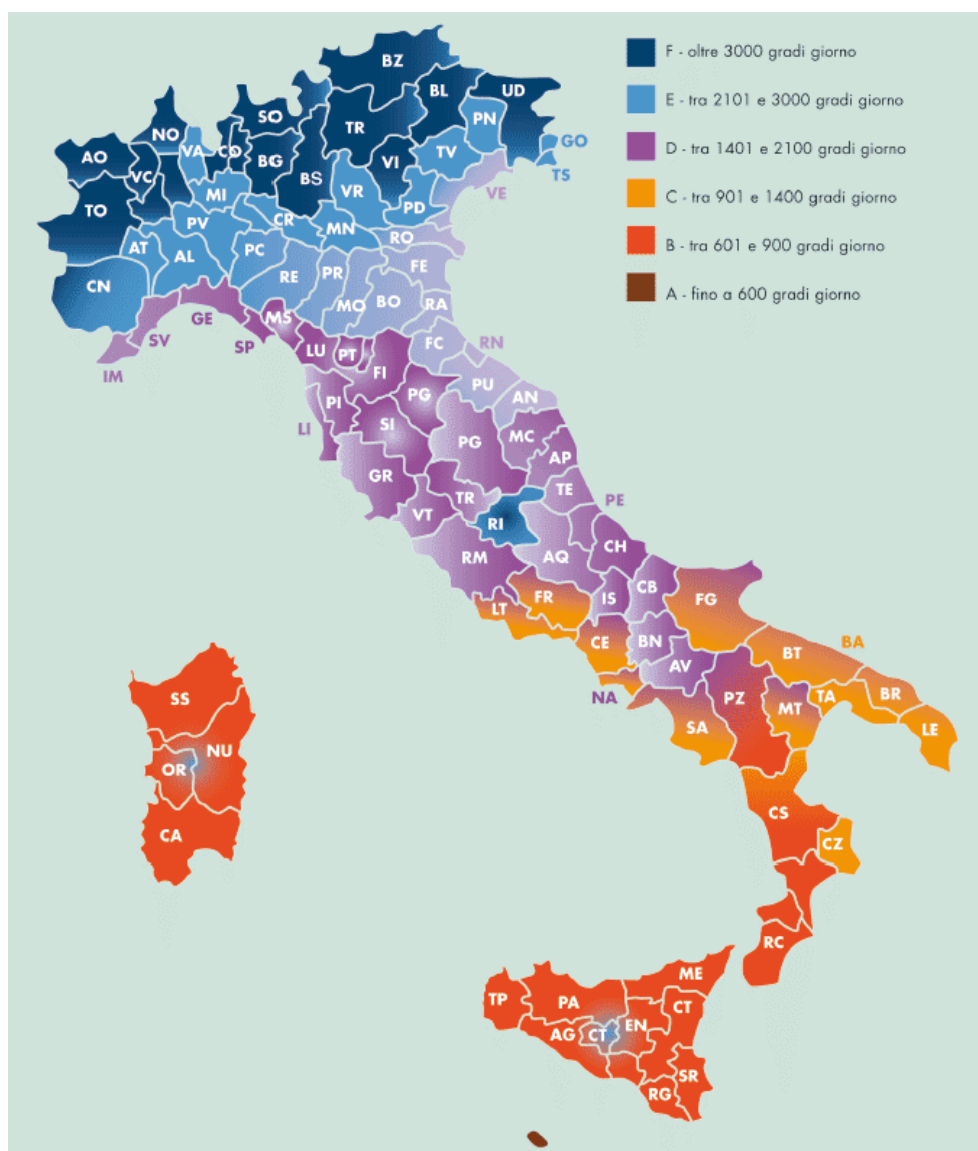


Fig. 2 – Mappa delle zone climatiche secondo DPR n.412/93

¹ La classificazione climatica dei comuni italiani è stata introdotta dal D.P.R. n. 412 del 26 agosto 1993, tabella A e successive modifiche ed integrazioni: Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10.

Il Comune di Napoli, con una popolazione di 1.004.500 abitanti, rilevata alla data dell'ultimo censimento, e una densità di 8.566 abit./Kmq, è suddiviso in municipalità le quali sono una suddivisione dei trentuno quartieri della città in dieci circoscrizioni di decentramento, ex d.lgs. 267/2000, che rappresentano forme di decentramento di funzioni e di relativa autonomia organizzativa e funzionale rispetto al Comune. Tra le loro competenze dirette rientra la manutenzione ordinaria e straordinaria degli edifici pubblici tra cui gli edifici scolastici.

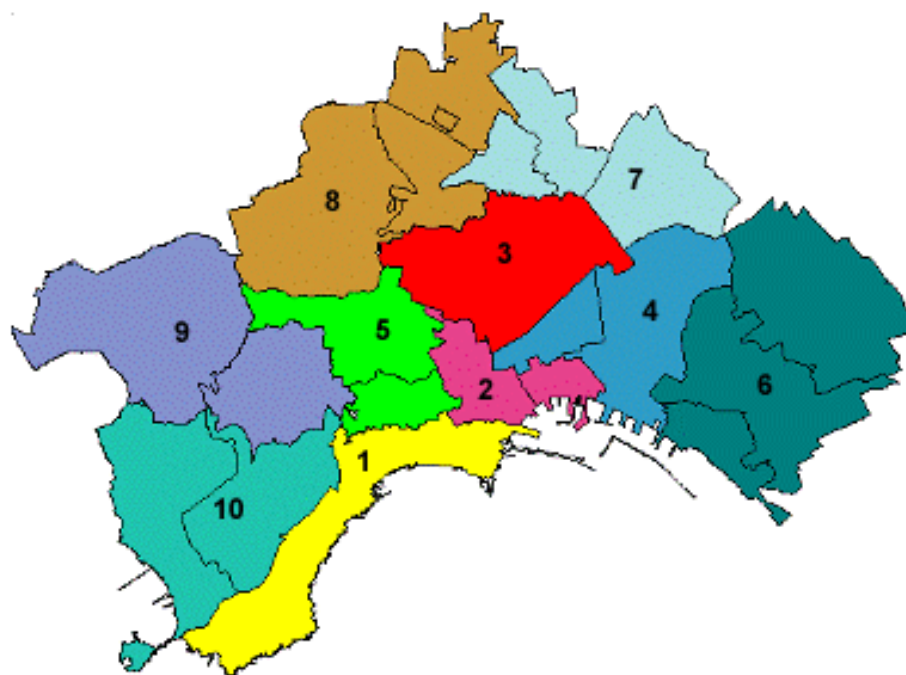


FIG. 3 – Mappa di Napoli in cui sono evidenziate le Municipalità: **1**-Chiaia, Posillipo, S. Ferdinando; **2**-Avvocata, Montecalvario, Mercato, Pendino, Porto, S. Giuseppe; **3**-Stella, S. Carlo all'Arena; **4**-S. Lorenzo, Vicaria, Poggioreale, Zona Industriale; **5**-Arenella, Vomero; **6**-Ponticelli, Barra, S. Giovanni a Teduccio; **7**-Miano, Secondigliano, S. Pietro a Patierno; **8**-Piscinola, Marianella, Chiaiano, Scampia; **9**-Soccavo, Pianura; **10**-Bagnoli, Fuorigrotta.

3.2 L'anagrafe dell'edilizia scolastica comunale: individuazione delle caratteristiche morfologiche, tecnologiche e impiantistiche

Il Ministero della pubblica istruzione ha attivato, ai sensi dell'art. 7 della L. n. 23/1996², un'Anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica, articolata per regioni, diretta ad accertare la consistenza, la situazione e la funzionalità del patrimonio scolastico.

L'obiettivo di questa iniziativa era di fornire sia uno strumento conoscitivo fondamentale ai fini dei diversi livelli di programmazione degli interventi nel settore, sia, attraverso la banca dati ottenuta, un quadro sulle reali condizioni dell'edilizia scolastica nazionale dal punto di vista architettonico, tecnologico e impiantistico.

Il contributo statale per realizzarla (stanziato nel 1999) è stato di euro 230.335,79 interamente utilizzati a tale scopo. Questa sorta di censimento, che ha interessato tutti gli edifici scolastici ospitanti istituzioni scolastiche pubbliche (scuole dell'infanzia, primarie, secondarie di I e II grado), è stato svolto attraverso la compilazione di due questionari: uno riguardante solo gli aspetti strutturali e di sicurezza e non energetici degli edifici oggetto dell'indagine, l'altro il giudizio del dirigente scolastico circa la struttura ospitante la scuola. L'anagrafe è formata da 8 fogli excel riportanti i dati dei questionari (*Sezione A-Identificazione dell'edificio*, *Sezione B-Notizie Generali sull'ubicazione dell'edificio*, *Sezione C-Notizie Generali dell'edificio*, *Sezione D-Condizioni di Sicurezza e Requisiti Particolari*, *Sezione E-Caratteristiche Funzionali e Dimensioni degli Spazi in Uso*, *Sezione F-Attrezzature Sportive*, *Sezione G-Altre Informazioni e Osservazioni*, in ultimo il *Questionario del Dirigente Scolastico*), e da planimetrie degli edifici scolastici in diversi formati (pdf, jpg, dwg).

Dall'analisi dell'anagrafe dell'edilizia scolastica del Comune di Napoli³, suddivisa per ciascuna municipalità e non completa poiché sono stati censiti solo la metà degli edifici scolastici da esso gestiti, è stato possibile estrapolare dati relativi all'epoca di costruzione e alle caratteristiche morfologiche, tecnologiche e impiantistiche, ma non dati inerenti gli aspetti energetici.

² Pubblicata sulla GU Serie Generale n.15 del 19 gennaio 1996.

³ effettuata dalla Società NapoliServizi s.p.a.

3.1.1 Consistenza ed epoca di costruzione

Nel territorio di Napoli ricadono circa 650 edifici destinati ad uso scolastico, di questi 559 sono di proprietà del Comune e 65, corrispondenti alle scuole secondarie di secondo grado (Licei, Istituti tecnici, Istituti professionali etc.), sono di proprietà della Provincia.

Le scuole gestite dal Comune si suddividono in scuole Statali e scuole Comunali, le prime corrispondenti a 136 Istituti, per un totale di 450 plessi, comprendono: 57 circoli didattici (scuole dell'infanzia e primarie di I grado), 33 scuole secondarie di I grado e 33 Istituti comprensivi; le seconde corrispondenti a 109 Istituti si suddividono in Asili Nido (n. 32) e Scuole dell'Infanzia (n. 77).

Circa il 20% di questi edifici scolastici sono edifici impropri, ossia immobili che sono stati trasformati ed adibiti ad attività scolastiche in un secondo momento ma che, in precedenza, ospitavano altre funzioni come abitazioni, conventi e caserme. Appartengono a questa categoria anche gli immobili che sono parte di edifici attualmente adibiti ad altri usi, come residenze, Asl, etc., ed edifici scolastici che dividono la struttura con altri istituti scolastici.

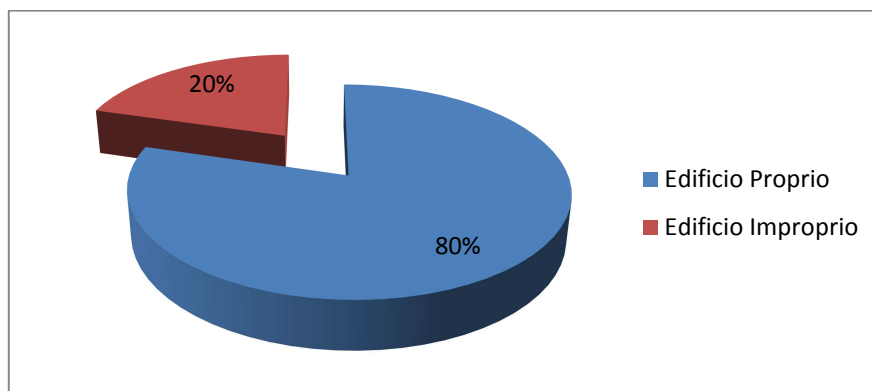


FIG. 4- Il grafico rappresenta la percentuale di edifici propri ed impropri

L'età di un edificio spesso ha conseguenze dirette sullo stato complessivo della costruzione non solo in termini di eventuali condizioni di degrado o per la mancanza di servizi e impianti ma anche in relazione alle scelte distributive e tecnologiche tipiche del periodo in cui l'edificio è stato realizzato. In termini di efficienza energetica la qualità di un edificio dipende, fra le altre cose, anche dal modo in cui l'edificio stesso è stato progettato e in particolare dalle caratteristiche dell'involucro edilizio. Il quadro del patrimonio scolastico

napoletano è caratterizzato da un'età media molto alta, in linea con quella riscontrata a livello nazionale, buona parte degli edifici (il 62%) è stata realizzata precedentemente all'emanazione della prima normativa tecnica sull'edilizia scolastica (D.M. 18 dicembre 1975) e dei provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche⁴ (legge 64/1974)⁵, mentre il 96%, di cui il 75% costruito a partire dal secondo dopoguerra con la tecnica del cemento armato, è stato realizzato prima dell'entrata in vigore della prima legge sul risparmio energetico e sull'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici (L. n.10/1991). Ciò significa che gli edifici scolastici, essendo stati edificati in un'epoca in cui il problema dei consumi energetici per la climatizzazione e l'illuminazione artificiale aveva una scarsa rilevanza, versano in una condizione di particolare inefficienza energetica, oltre ad essere caratterizzati da fenomeni di avanzato degrado prestazionale dei loro elementi o inadeguatezza tecnologica dovuti al passare del tempo e all'incuria.

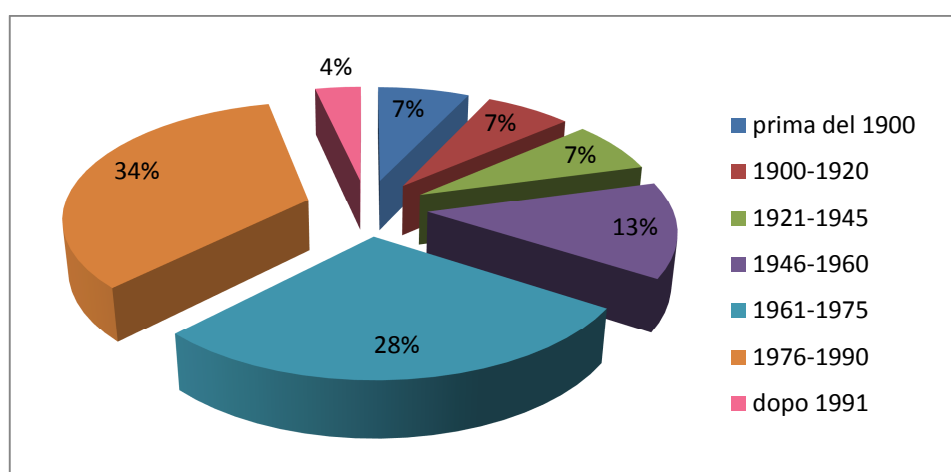


Fig. 5- Il grafico rappresenta l'epoca di costruzione del patrimonio scolastico napoletano.

3.1.2 Tipologie edilizie e schemi distributivi ricorrenti

Sui consumi energetici ed in particolare sulle dispersioni termiche e sul successivo benessere interno incide anche il rapporto di forma⁶ dell'edificio. In inverno si riscalda il volume dell'edificio che poi perde calore attraverso l'involucro. In rapporto al suo volume, un edificio compatto (indice di S_d/V basso)

⁴ Napoli rientra nella zona sismica 2 (sismicità media)

⁵ Pubblicata sulla G.U. n. 076 del 21/03/1974.

⁶ Inteso come rapporto tra la superficie disperdente (S_d) e il volume riscaldato (V), parametro ricorrente all'interno della normativa tecnica di riferimento per l'efficienza energetica degli edifici (Cfr. Dlgs. 192/2005 e successivo Dlgs 311/2006).

ha meno superfici e quindi trasmette meno calore verso l'esterno rispetto ad un edificio dello stesso volume ma con una conformazione particolarmente articolata (indice S_d/V alto) e superficie disperdente maggiore. Quanto più piccola è la superficie dell'edificio in rapporto al suo volume, tanto meno calore si disperde attraverso pareti e tetto. Angoli, sporgenze e rientranze possono aumentare notevolmente la superficie di un edificio.

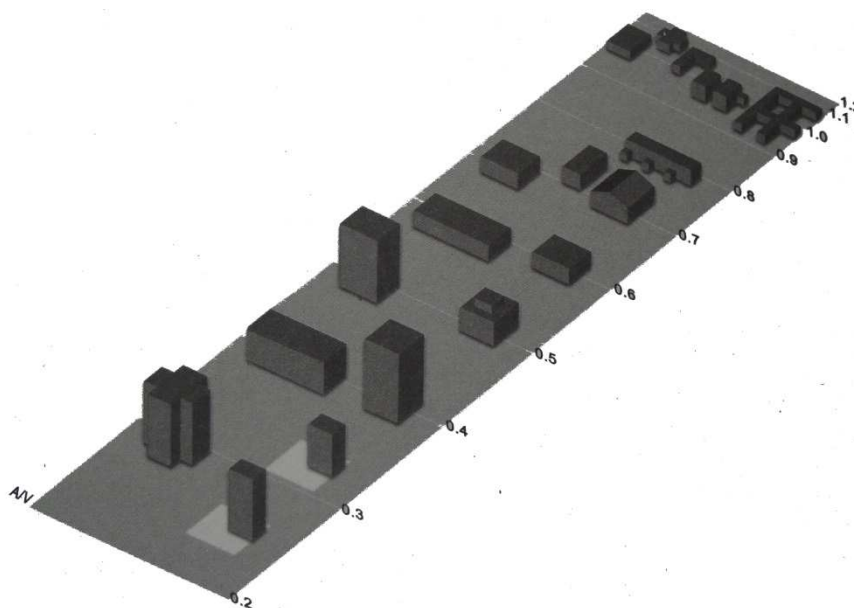


Fig. 7- Variazione del rapporto di forma S_d/V in relazione al tipo edilizio. Fonte: Boarin P., Edilizia Scolastica. Riqualificazione energetica e ambientale.

Nel caso specifico degli edifici scolastici il tipo edilizio che presenta il comportamento più favorevole rispetto alla dispersione termica legata alla morfologia dell'edificio è quello a blocco anche se bisogna valutare caso per caso e non generalizzare perché in questa categoria appartengono anche il blocco accorpato, il blocco con vuoto interno e la tipologia a gradoni. Gli altri tipi edilizi (a piastra, estesa, estesa a pettine, a croce e scuola-strada) per la loro morfologia più articolata, sono particolarmente predisposti verso la dispersione termica.

Scuola a Blocco

Questa tipologia edilizia nasce dallo sviluppo dello schema distributivo a corridoio caratterizzato da aule disposte in serie, dalle dimensioni stabilite che si affacciano verso la migliore insolazione, distribuite da un corridoio lineare. Per lo sviluppo longitudinale che tale schema può assumere si collocano in questa categoria scuole con impianto planimetrico in linea. L'evoluzione del tipo a blocco è il blocco accorpato, il blocco con vuoto interno e il tipo a gradoni.

Il modello distributivo del blocco accorpato è sempre quello a corridoio in cui vengono affiancati o sovrapposti più blocchi, generando una più complessa articolazione di volumi che mantengono una forte e leggibile caratterizzazione. La soluzione planimetrica maggiormente ricorrente è quella a C in cui il lato lungo è occupato dal sistema aule-corridoio e i lati corti ospitano i servizi e i locali accessori. Lo spazio esterno di pertinenza racchiuso tra le ali in genere viene utilizzato per attività all'aperto e recentemente per attività ginniche.

Il blocco con vuoto interno è caratterizzato dalla corte interna, vero e proprio elemento di interesse. L'impianto distributivo è sempre sul modello aula-corridoio in cui quest'ultimo si trasforma in una sorta di ballatoio anulare che circonda la corte stessa.

Il tipo a gradoni è un'evoluzione del tipo precedente connessa all'esigenza di adattare lo stesso alla complessa orografia del terreno. Lo schema distributivo dell'aula corridoio si colloca in posizione centrale rispetto allo sviluppo delle aule che seguono l'orografia del luogo, avvicinando l'impianto volumetrico e distributivo al modello ad unità funzionale.

Scuola a Piastra

Il tipo a piastra raccoglie al suo interno tutte le funzioni collegate alle attività didattiche della scuola (teatro, palestra, auditorium etc.). L'impianto distributivo può essere sia del tipo aula-corridoio, con collegamenti interni che raggiungono tutti gli spazi della scuola, sia del tipo ad unità funzionali raggruppate sotto la stessa copertura e in cui i passaggi diventano la spina centrale di collegamento. Generalmente le scuole a piastra sono caratterizzate dallo sviluppo planimetrico su uno o due piani e presentano notevoli dimensioni.

Scuola Estesa

La scuola estesa, in opposizione al tipo a blocco, tende a dilatare gli spazi verso l'ambiente esterno, creando un profondo legame con l'ambiente circostante. Questo tipo edilizio è connesso al modello distributivo a unità funzionale attraverso il quale è possibile differenziare gli spazi della scuola e rompe definitivamente il rapporto con il vecchio impianto razionalista della scuola a blocco introducendo nuove logiche connesse alla ripetibilità di nuclei base e individuando nuovi spazi funzionali che permettono una progressiva crescita

dell'edificio nel tempo, in relazione a esigenze pedagogiche o demografiche. Tuttavia nella casistica della scuola estesa si possono trovare alcuni caratteri tipologici che richiamano al modello distributivo aula-corridoio, è il caso dello schema a croce, caratterizzato da un corpo centrale dal quale si generano ali indipendenti, relazionate tra loro dagli spazi esterni contigui, e dello schema a pettine, in cui a un elemento lineare principale confluiscono altri corpi (che generalmente ospitano la mensa, l'auditorium, la palestra, etc.).

Questi esempi si collocano nella categoria della scuola estesa solamente per le dimensioni che l'intera area può raggiungere ma sono legate alla tradizione dei blocchi accorpati. Un ulteriore esempio ed evoluzione dello spazio edilizio è individuabile nel tipo aperto. In questo caso l'apporto innovativo del tipo è costituito dalla possibilità di aggregazione di nuclei di base, con funzione di aula o con funzione di attività secondaria, ad un corpo centrale che generalmente ospita le funzioni ricettive e aggregative.

Scuola-Strada

Dall'edificio scolastico inteso come una città, rispetto alla quale si pone in continuità, in cui le diverse aule (per la didattica e per le attività secondarie) sono associate agli edifici e agli spazi pubblici e gli spazi connettivi alle strade che li collegano, nasce l'idea della scuola-strada, in cui l'impianto distributivo si sviluppa rispetto a un asse principale di collegamento (corridoio) sul quale si attesta il susseguirsi degli spazi specialistici.⁷

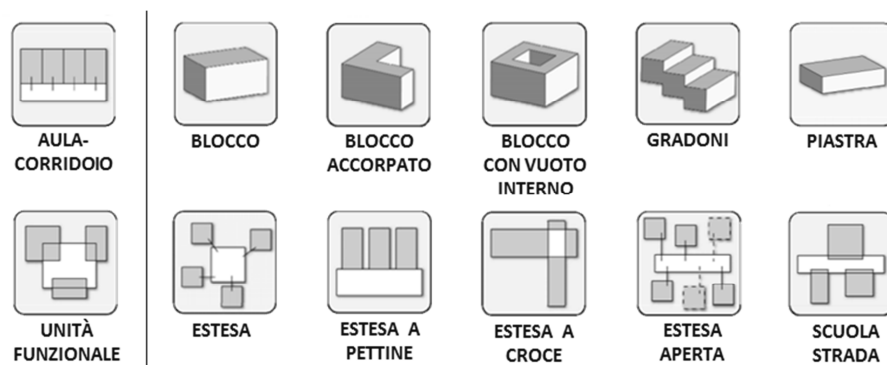


FIG. 8- Icone che rappresentano le diverse tipologie edilizie estrapolate dal libro dell'architetto Paola Boarin.

⁷ Cfr. Boarin P., *Edilizia Scolastica. Riqualificazione energetica e ambientale*, Edicom edizioni, Monfalcone 2010, pp. 35-38

Nel caso specifico dell'edilizia scolastica napoletana lo schema distributivo aula-corridoio prevale (45%) ma è stata rilevata anche la presenza di uno schema atipico che non è assimilabile a nessuno degli schemi distributivi suddetti (aula-corridoio, unità funzionale) dovuta al fatto che una parte degli edifici scolastici sono edifici impropri.

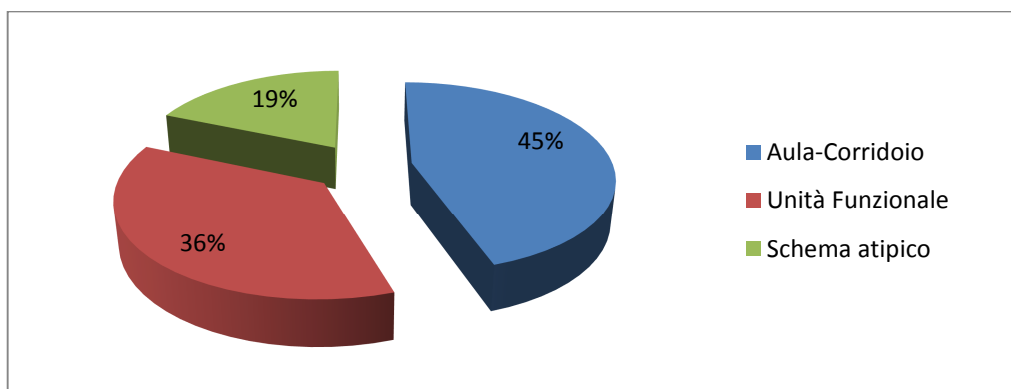


Fig. 9- Il grafico rappresenta gli schemi distributivi del patrimonio scolastico napoletano.

Riguardo la tipologia edilizia la maggior parte delle scuole sono di tipo a blocco accorpato (29%), seguono quelle a blocco (23%) e a piastra (14%).

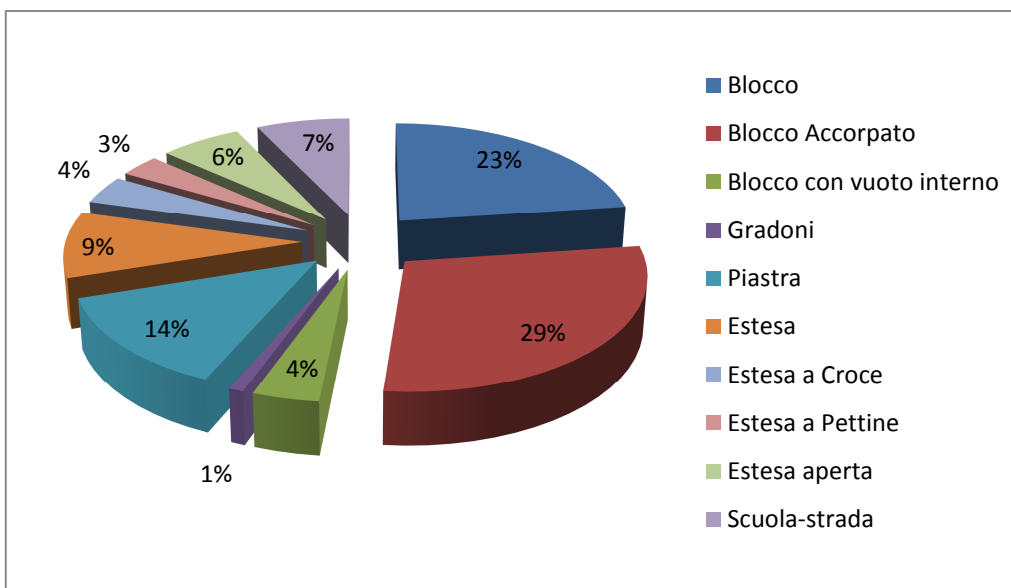


Fig. 10- Il grafico rappresenta le tipologie edilizie del patrimonio scolastico napoletano.

Per avere un quadro più generale sugli edifici scolastici relativo anche ai dati dimensionali sono stati individuati alcuni dati metrici riguardanti le superfici coperte,⁸ i volumi e le superfici esterne di pertinenza.

⁸ La direttiva europea 2012/27/UE del 25 ottobre 2012 stabilisce che, a partire dal 1° gennaio 2014, ciascun Stato Membro dovrà garantire, ogni anno, che il 3% della superficie coperta utile totale degli edifici riscaldati e/o raffreddati di proprietà dei governi centrali sia ristrutturata e

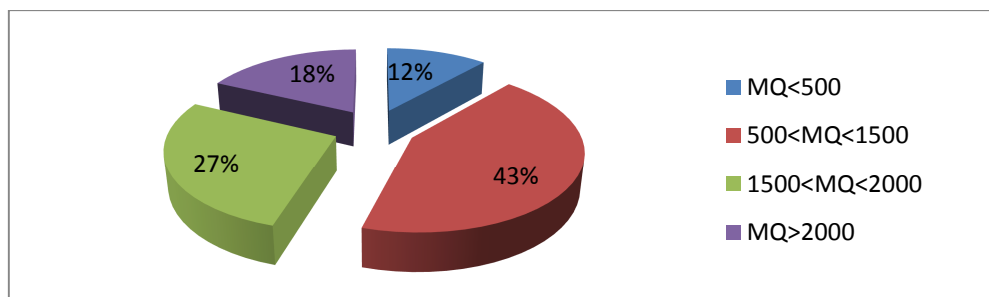


FIG. 11- Il grafico rappresenta la superficie coperta del patrimonio scolastico napoletano

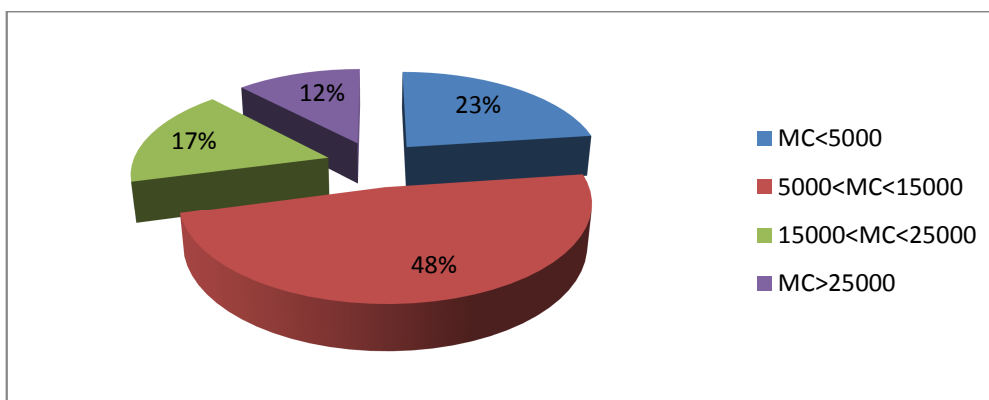


FIG. 12- Il grafico rappresenta il volume lordo del patrimonio scolastico napoletano

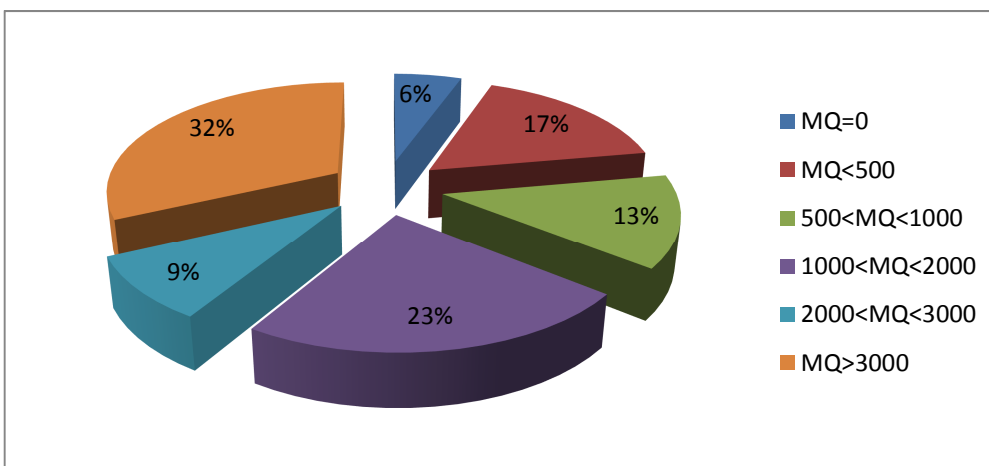


FIG. 13- Il grafico rappresenta la superficie degli spazi aperti pertinenziali del patrimonio scolastico napoletano

Dai grafici emerge che la maggior parte delle scuole hanno una superficie coperta compresa tra i 500 e i 1500mq, un volume compreso tra i 5000 e i 15000mc e, nonostante buona parte delle scuole si trovino in quartieri densamente edificati, lontani da parchi urbani, come: Chiaia, S. Ferdinando (municipalità 1), Avvocata, Montecalvario, Mercato, Pendino, Porto, S. Giuseppe

resa energeticamente efficiente. Tale quota si applica a stabili con una superficie coperta utile totale superiore a 500 m²; la soglia sarà abbassata a 250 m² a partire da luglio 2015 (art. 5).

(municipalità 2- centro storico), Stella (municipalità 3), S. Lorenzo, Vicaria (municipalità 4) e Vomero (municipalità 5), una superficie degli spazi aperti pertinenziali superiore ai 3000mq.

3.1.3 Tipologie costruttive ricorrenti

Dal grafico si legge che la maggior parte degli edifici (67%) sono stati realizzati con un sistema costruttivo a telaio in cemento armato, in linea con il dato che ha prevalso riguardo l'epoca costruttiva che va dal secondo dopoguerra agli anni 80. Tale sistema costruttivo è caratterizzato da una struttura portante formata da pilastri e travi in cemento armato (scheletro dell'edificio) chiuso lungo il perimetro esterno da muri di tamponamento, detti anche tompagnature, che possono essere monostrato, se formati da un unico blocco (in laterizio, in calcestruzzo etc.), o pluristrato, se formati da due blocchi con intercapedine d'aria o isolante. Segue il sistema costruttivo in muratura portante (20%) corrispondente agli edifici realizzati prima del 1945, il sistema prefabbricato (8%) e il sistema a telaio in acciaio (5%) corrispondenti agli edifici realizzati dopo il 1976.

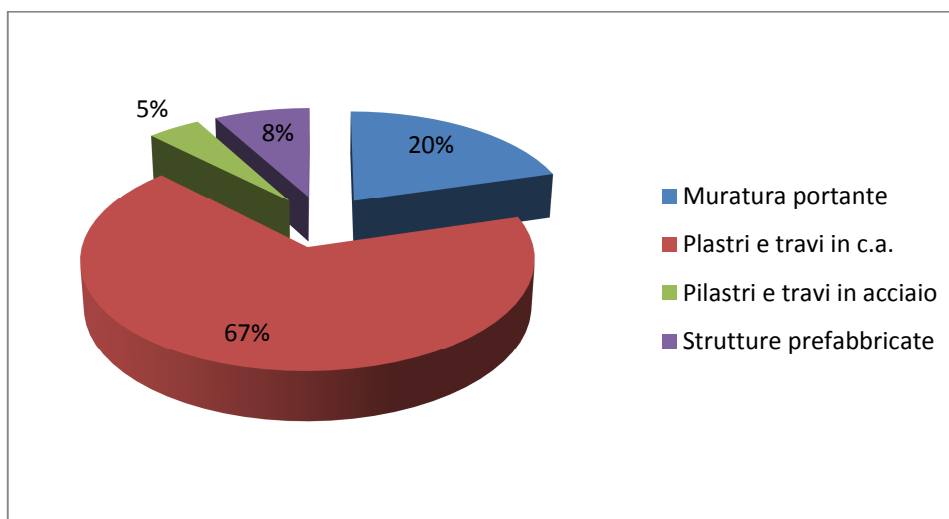


FIG. 14- Il grafico rappresenta le tipologie costruttive del patrimonio scolastico napoletano

Tra i 4 sistemi costruttivi quelli in cui si riscontrano più criticità dal punto di vista energetico, soprattutto per quanto riguarda i ponti termici e le dispersioni termiche, sono quelli a telaio, sia in cemento armato che in acciaio, in quanto una delle cause che favorisce la formazione di tali fenomeni è dovuta proprio alla

discontinuità o differenza dei materiali⁹ tra lo scheletro e le compagnature. Seguono i prefabbricati e la muratura portante. Riguardo quest'ultima, poiché i muri perimetrali hanno spessori consistenti e rientrano nelle tecnologie massive, i punti più deboli si rilevano nel sistema degli infissi (ad esempio ponti termici fra l'attacco del telaio dell'infisso con il muro perimetrale, etc.) e in alcuni casi nelle coperture.

3.1.4 Dotazioni impiantistiche ricorrenti

Quasi la totalità degli edifici scolastici, come possiamo leggere dal grafico sottostante, presenta un impianto di riscaldamento di tipo tradizionale costituito da caldaia alimentata a metano (93%), l'1% da caldaia alimentata a gasolio, ma vi è anche un 6% di cui non si conosce il generatore di calore. Gli impianti sono, nella maggior parte dei casi, posti all'interno del fabbricato.

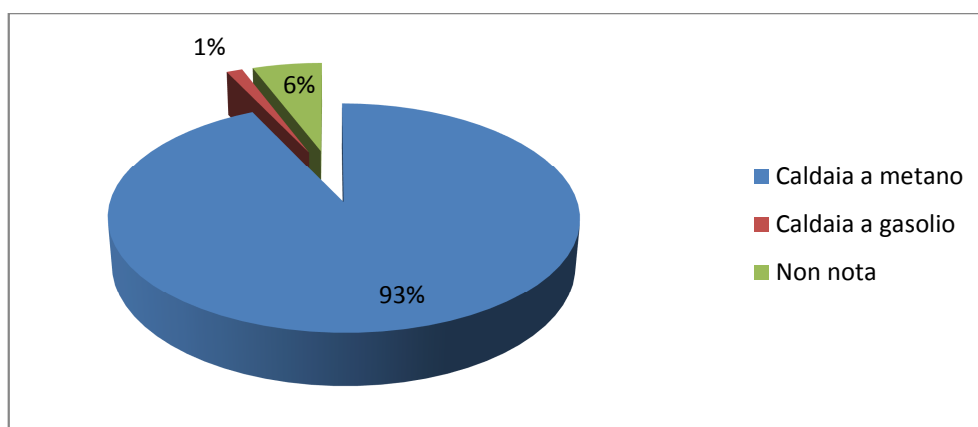


FIG. 15- Il grafico rappresenta l'impianto di riscaldamento del patrimonio scolastico napoletano

Dall'anagrafe non è stato possibile estrapolare la tipologia dei terminali di emissione presenti nelle aule e nelle palestre poiché tale dato non è stato raccolto. Mentre la gestione dell'impianto è a carico di ditte esterne che non si relazionano con il Comune che ignora gli effettivi consumi e costi energetici. Infatti, il livello di conoscenza da parte del Comune del proprio patrimonio è superficiale e parzializzato perché manca la connessione delle informazioni tra il livello tecnico patrimoniale e quello della gestione energetica. Sono del tutto assenti i sistemi di ventilazione meccanica controllata (VMC).

⁹ I materiali (calcestruzzo, acciaio, laterizio etc.) hanno caratteristiche differenti che incidono sulle prestazioni energetiche dell'involucro edilizio.

Riguardo l'impianto di illuminazione non è stato possibile rilevare la presenza o meno di lampade a risparmio energetico ma nella maggior parte dei casi gli impianti sono stati adeguati, negli ultimi dieci anni, alla legge n.46 del 1990¹⁰ si presume quindi che nell'adeguamento si sia pensato anche ad un intervento volto al risparmio energetico.

Nelle pagine che seguono sono riportati, in tabelle, per ogni municipalità, i grafici che rappresentano i dati in percentuale relativi all'epoca costruttiva, alla tipologia costruttiva, agli schemi distributivi, alla tipologia edilizia, alla superficie coperta, ai volumi lordi, alla superficie degli spazi aperti pertinenziali e alla presenza di aree verdi, estrapolati dall'anagrafe dell'edilizia scolastica.

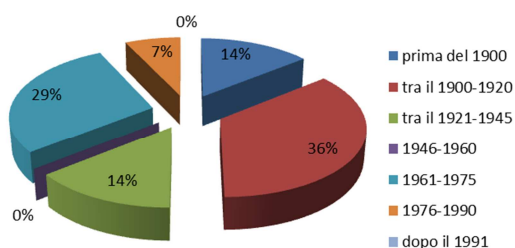
¹⁰ Legge 5 marzo 1990, n.46 "Norme per la sicurezza degli impianti", pubblicata sulla G.U. n. 59 del 12 marzo 1990



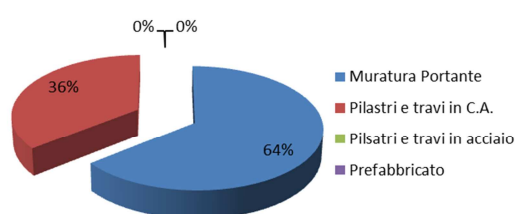
MUNICIPALITÀ 1

Quartieri: Chiaia, Posillipo, S. Ferdinando

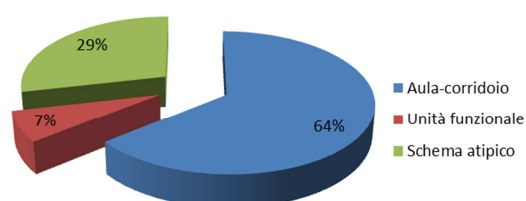
EPOCA COSTRUTTIVA



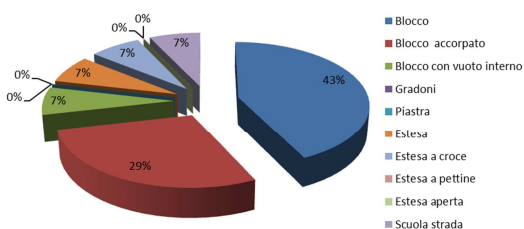
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



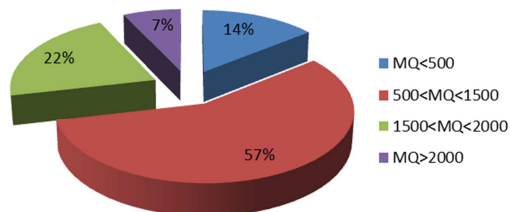
SCHEMA DISTRIBUTIVO



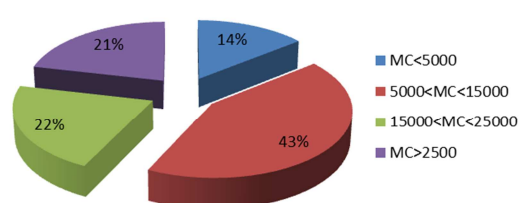
TIPOLOGIA EDILIZIA



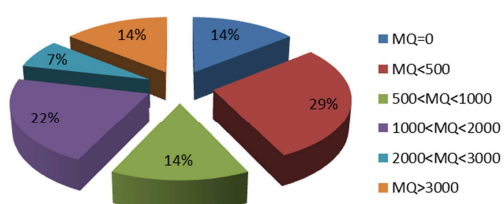
SUPERFICIE COPERTA



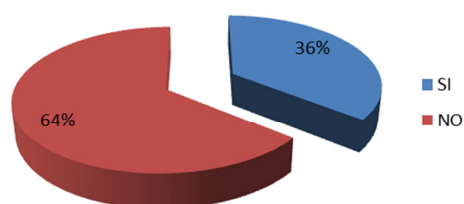
VOLUME LORDO



SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI

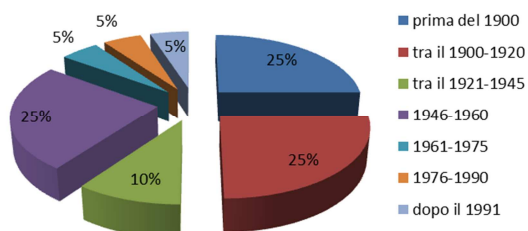




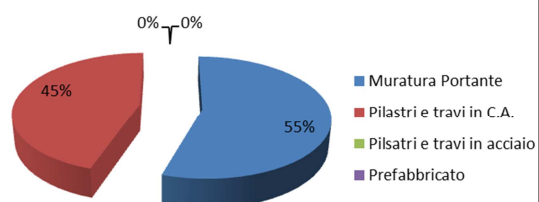
MUNICIPALITÀ 2

Quartieri: Avvocata, Montecalvario, Pendino, Porto, Mercato, San Giuseppe

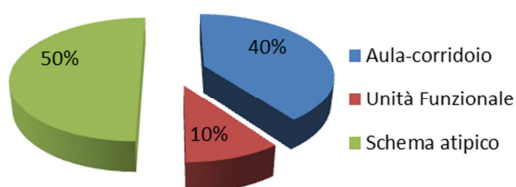
EPOCA COSTRUTTIVA



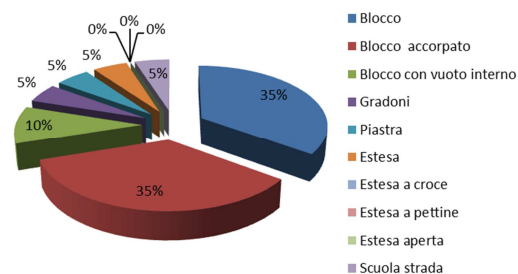
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



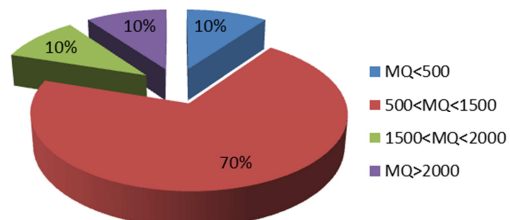
SCHEMA DISTRIBUTIVO



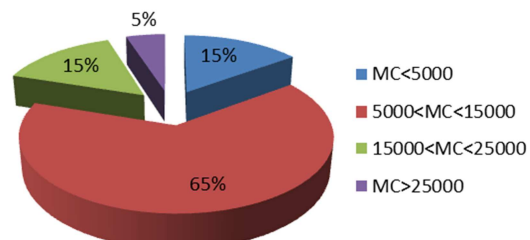
TIPOLOGIA EDILIZIA



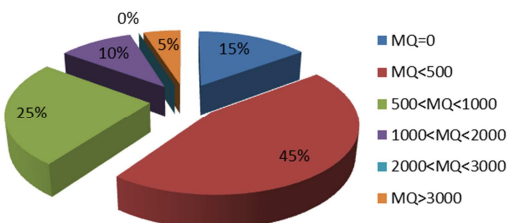
SUPERFICIE COPERTA



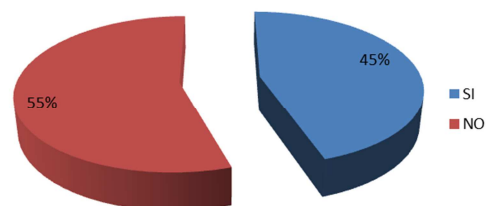
VOLUME LORDO



SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI

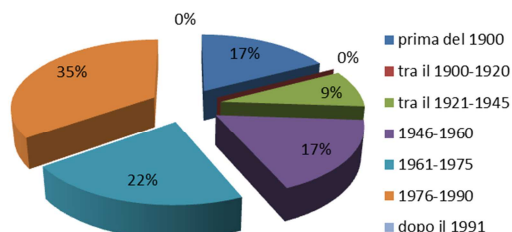




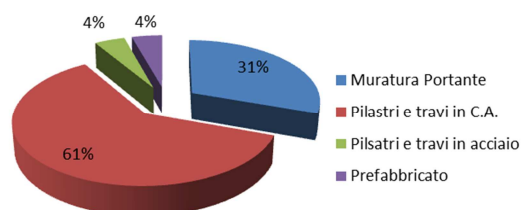
MUNICIPALITÀ 3

Quartieri: Stella, San Carlo all'Arena

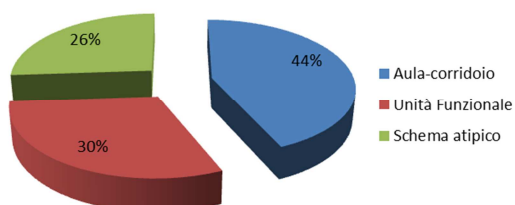
EPOCA COSTRUTTIVA



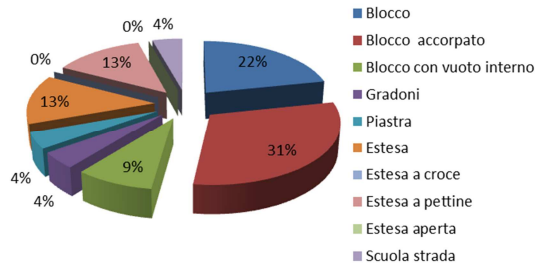
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



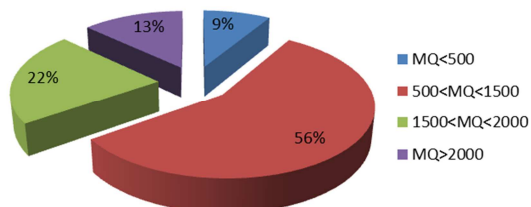
SCHEMA DISTRIBUTIVO



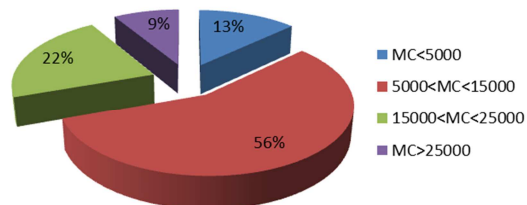
TIPOLOGIA EDILIZIA



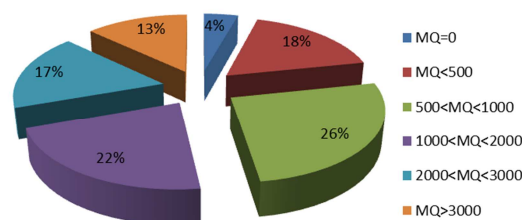
SUPERFICIE COPERTA



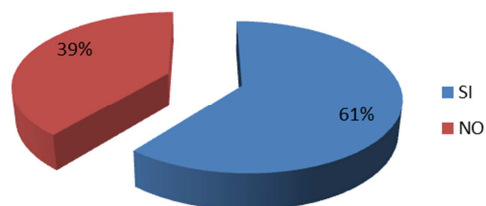
VOLUME LORDO



SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI

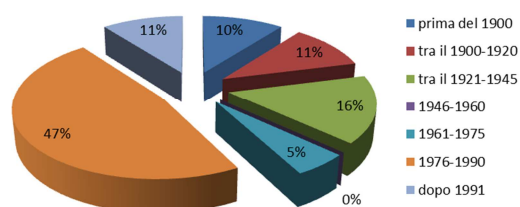




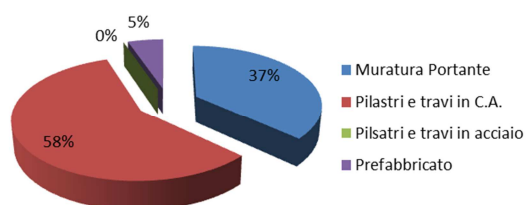
MUNICIPALITÀ 4

Quartieri: San Lorenzo, Vicaria, Poggioreale, Zona Industriale

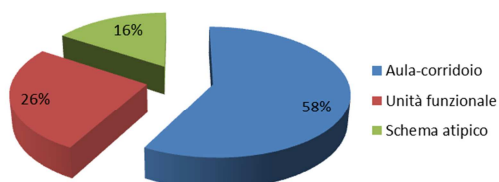
EPOCA COSTRUTTIVA



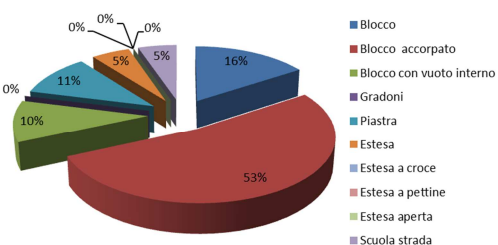
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



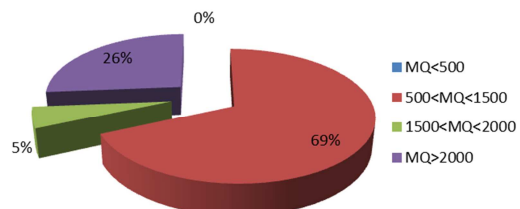
SCHEMA DISTRIBUTIVO



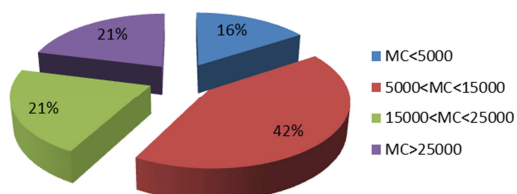
TIPOLOGIA EDILIZIA



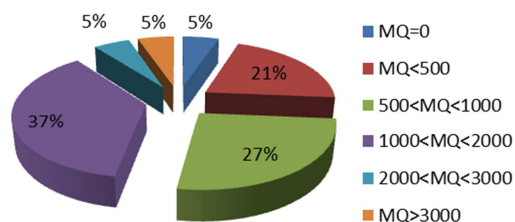
SUPERFICIE COPERTA



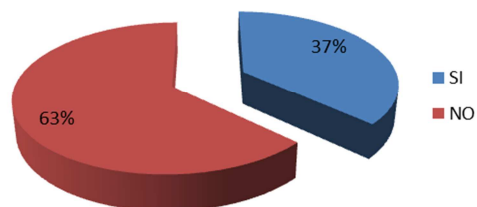
VOLUME LORDO



SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI

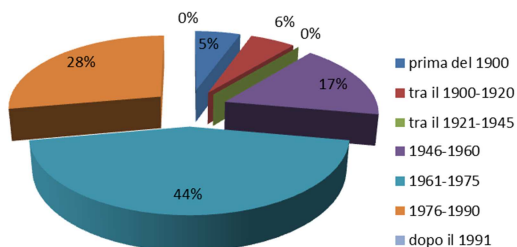




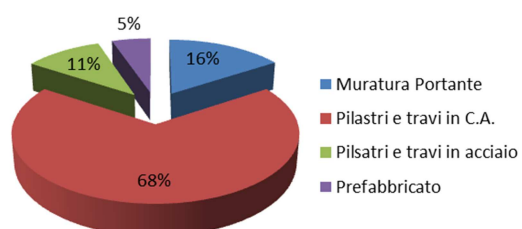
MUNICIPALITÀ 5

Quartieri: Vomero, Arenella

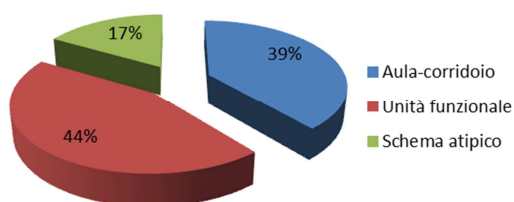
EPOCA COSTRUTTIVA



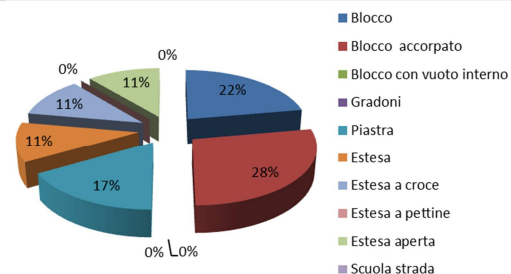
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



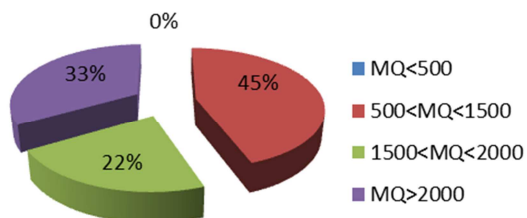
SCHEMA DISTRIBUTIVO



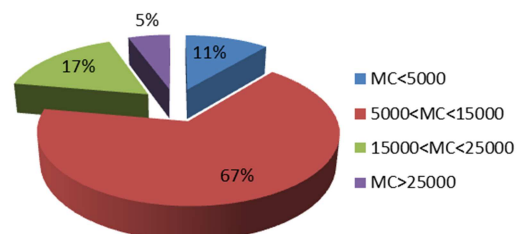
TIPOLOGIA EDILIZIA



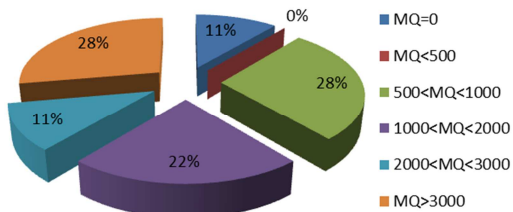
SUPERFICIE COPERTA



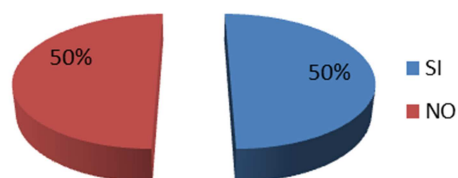
VOLUME LORDO



SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI

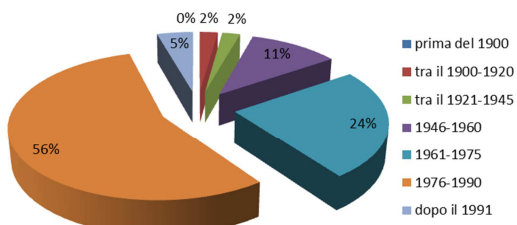




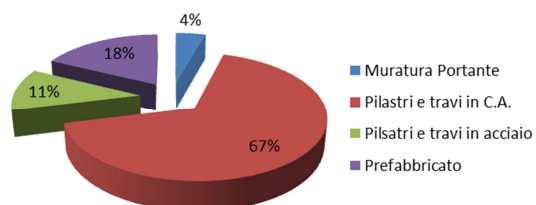
MUNICIPALITÀ 6

Quartieri: Barra, Ponticelli, San Giovanni a Teduccio

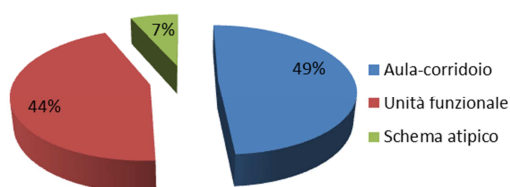
EPOCA COSTRUTTIVA



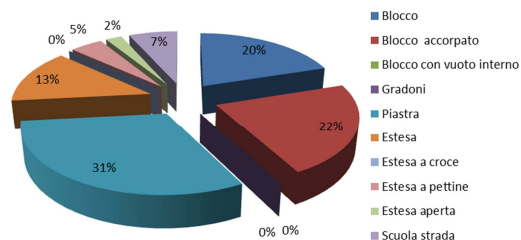
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



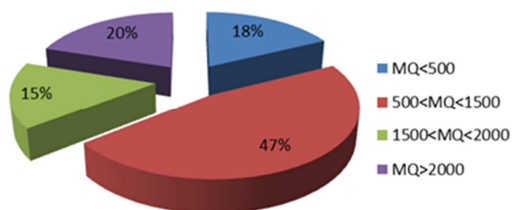
SCHEMA DISTRIBUTIVO



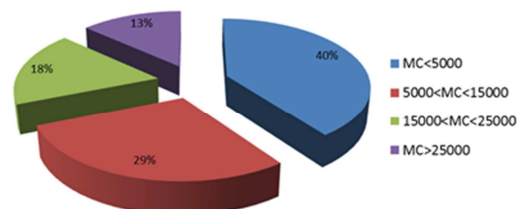
TIPOLOGIA EDILIZIA



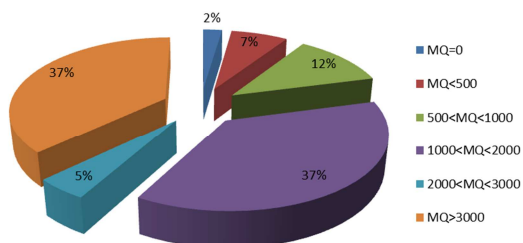
SUPERFICIE COPERTA



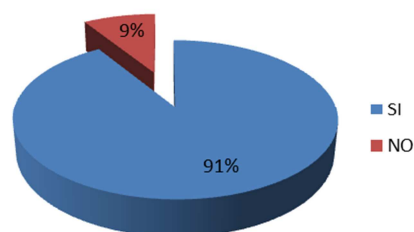
VOLUME LORDO



SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI

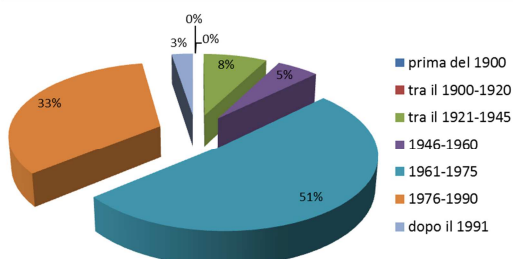




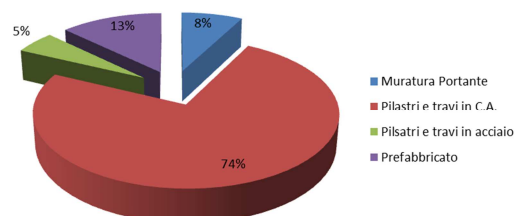
MUNICIPALITÀ 7

Quartieri: Miano, Secondigliano, San Pietro a Patierno

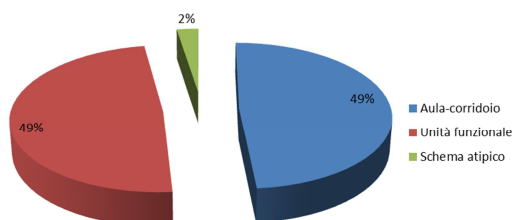
EPOCA COSTRUTTIVA



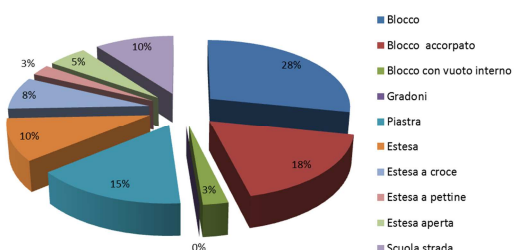
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



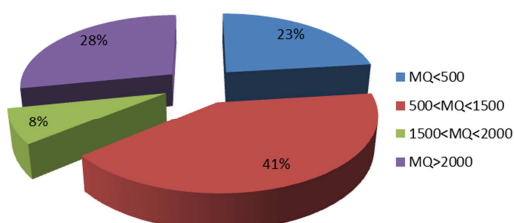
SCHEMA DISTRIBUTIVO



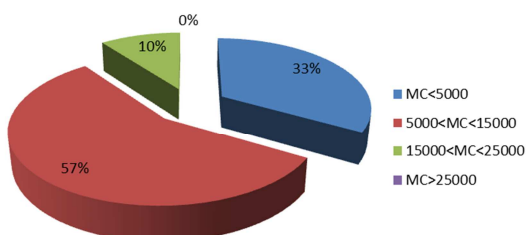
TIPOLOGIA EDILIZIA



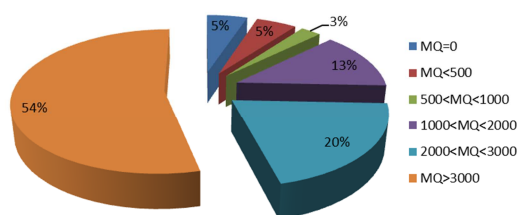
SUPERFICIE COPERTA



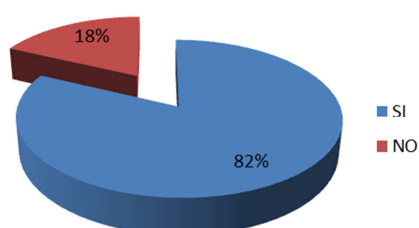
VOLUME LORDO

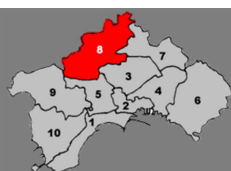


SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI

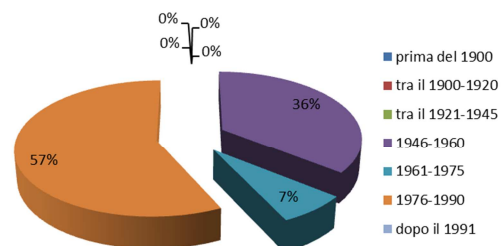




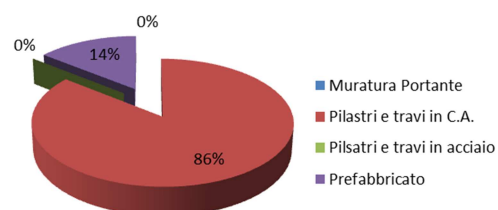
MUNICIPALITÀ 8

Quartieri: Piscinola, Marianella, Scampia, Chiaiano

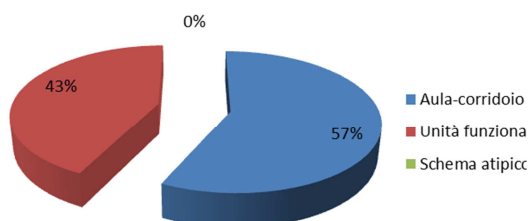
EPOCA COSTRUTTIVA



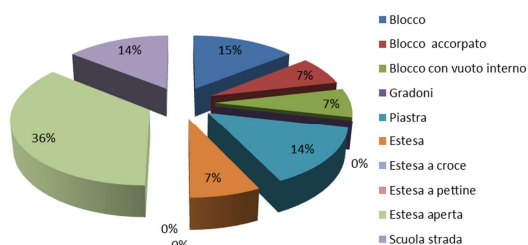
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



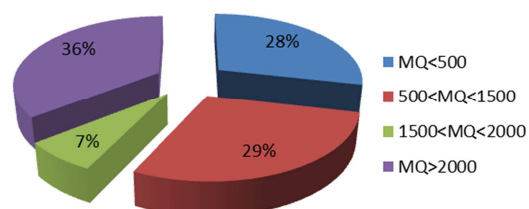
SCHEMA DISTRIBUTIVO



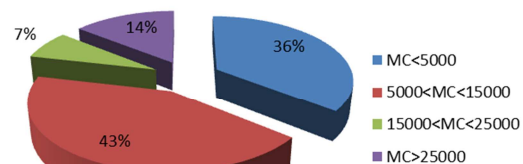
TIPOLOGIA EDILIZIA



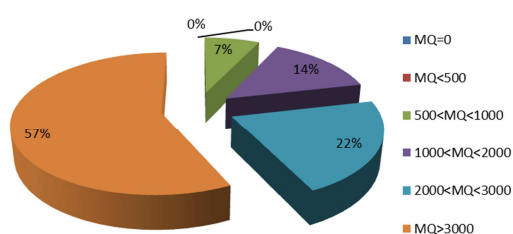
SUPERFICIE COPERTA



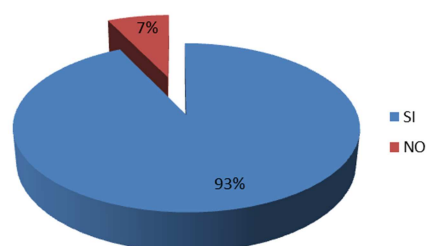
VOLUME LORDO



SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI

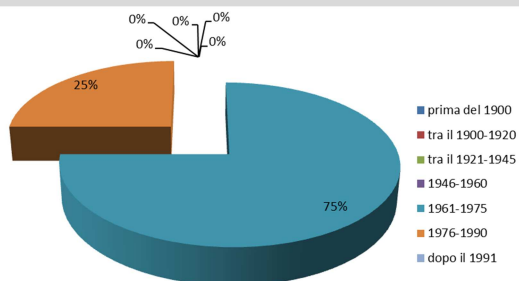




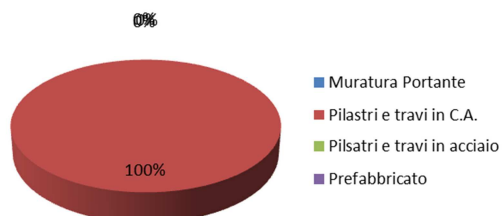
MUNICIPALITÀ 9

Quartieri: Soccavo, Pianura

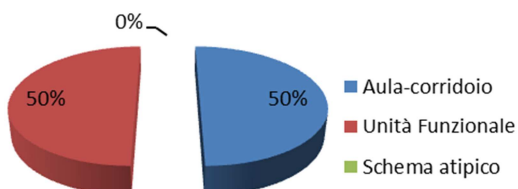
EPOCA COSTRUTTIVA



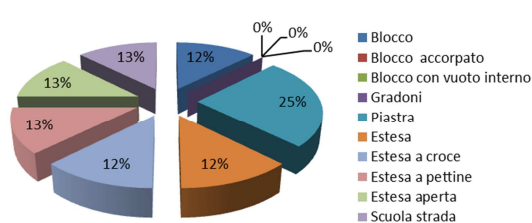
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



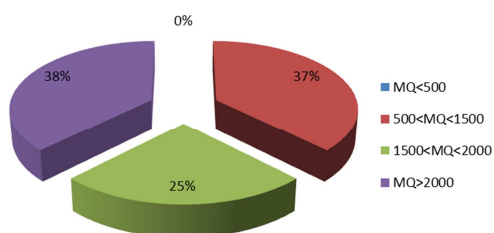
SCHEMA DISTRIBUTIVO



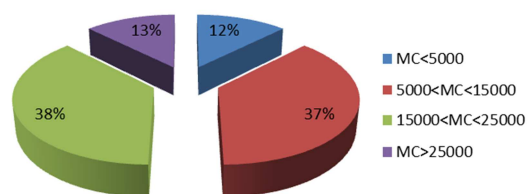
TIPOLOGIA EDILIZIA



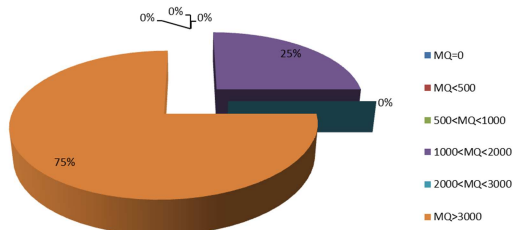
SUPERFICIE COPERTA



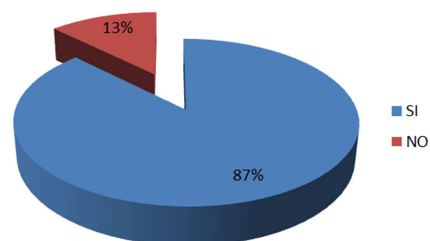
VOLUME LORDO



SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI

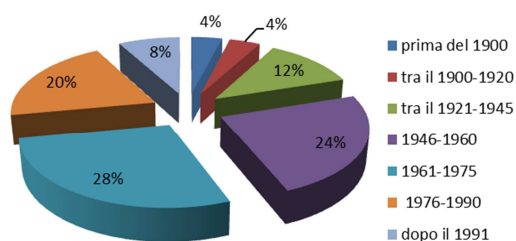




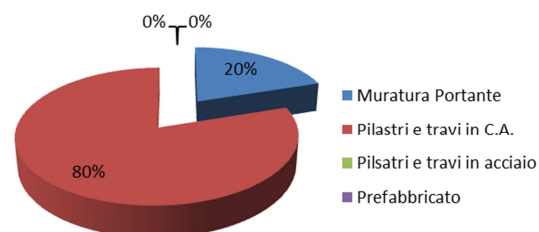
MUNICIPALITÀ 10

Quartieri: Bagnoli, Fuorigrotta

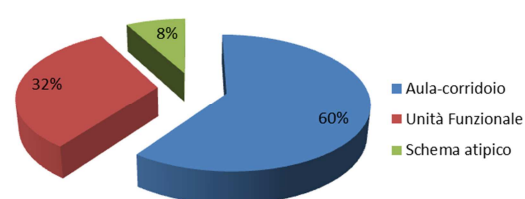
EPOCA COSTRUTTIVA



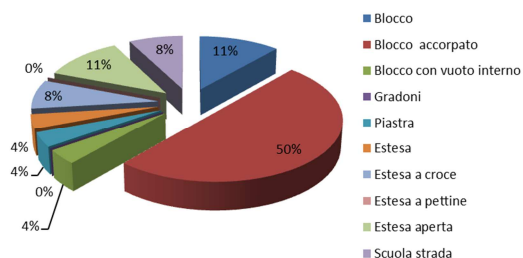
TECNOLOGIA COSTRUTTIVA



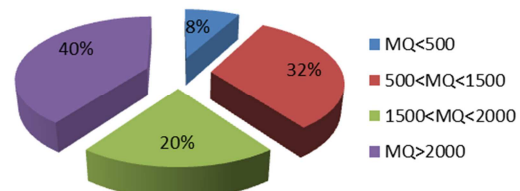
SCHEMA DISTRIBUTIVO



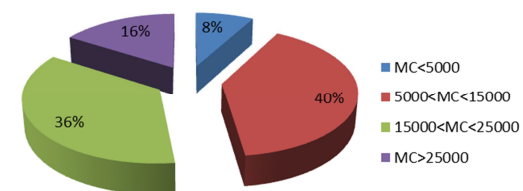
TIPOLOGIA EDILIZIA



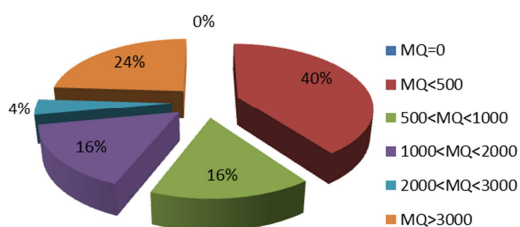
SUPERFICIE COPERTA



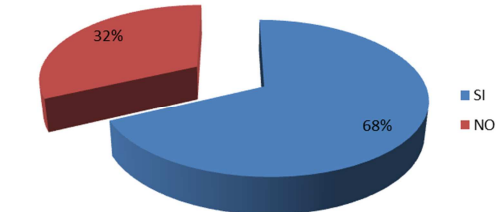
VOLUME LORDO



SUPERFICIE SPAZI APERTI PERTINENZIALI



PRESENZA DI AREE VERDI



3.1.5 La scelta dei casi studio

I casi studio selezionati, al fine di effettuare un'analisi approfondita per individuare le criticità e le strategie di intervento, sono 5 di cui 3 (I.C. 26° IMBRIANI - Plesso G.A. Borelli, S.M.S. Viale Delle Acacie e I.C. 9 CUOCO-SCHIPA - Plesso Schipa) individuati dagli Assessori all'Urbanistica e alla Scuola e all'istruzione¹¹ e 2 (I.C. 9 CUOCO-SCHIPA - Plesso Cuoco e Asilo Nido "P. Ciccarelli") scelti in base alla tipologia costruttiva.

I.C. 26°IMBRIANI Plesso "G.A. BORELLI" <small>(Scuola dell'infanzia e Primaria)</small>	S.M.S. "VIALE DELLE ACACIE" <small>(Scuola secondaria 1° grado)</small>	I.C. 9 CUOCO-SCHIPA Plesso "M. SCHIPA" <small>(scuola secondaria 1° grado)</small>	I.C. 9 CUOCO-SCHIPA Plesso "V. CUOCO" <small>(scuola dell'infanzia e primaria)</small>	Asilo Nido "P. CICCARELLI"
				
MUNICIPALITÀ 4 (San Lorenzo, Vicaria, Poggioreale, Zona Industriale)	MUNICIPALITÀ 5 (Arenella, Vomero)	MUNICIPALITÀ 2 (Avvocata, Montecalvario, Mercato, Pendino, Porto San Giuseppe)	MUNICIPALITÀ 2 (Avvocata Montecalvario, Mercato Pendino, Porto San Giuseppe)	MUNICIPALITÀ 6 (Ponticelli, Barra, San Giovanni Teduccio)
Via G.A. Borelli, 2	Via Puccini, 1	Vico Troise al Corso V. Emanuele, 456	Via Salvator Rosa, 118	Via Ciccarelli, traversa Serino
1950	1946-1960	1950	Prima del 1900	Dopo il 1976
Telaio inc.a.	Telaio inc.a.	Telaio inc.a.	Muratura Portante	Prefabbricato
Blocco	Blocco accorpato	Blocco accorpato	Blocco accorpato	Piastra

FIG. 16- I casi studio selezionati

I.C. 26° IMBRIANI - Plesso G.A. Borelli

La scuola è situata nel quartiere San Lorenzo, considerato il cuore storico della città, che insieme ai quartieri Poggioreale, Zona Industriale e Vicaria forma la quarta municipalità. Nel quartiere non sono presenti spazi attrezzati per i bambini: non ci sono ludoteche, biblioteche né parchi gioco.

L'edificio, costruito nel 1950 con un sistema costruttivo a telaio in cemento armato, è suddiviso in due parti una ospita il Plesso Borelli (infanzia e primaria) e l'altra il Plesso Casanova (infanzia e primaria) facente capo all'Istituto Comprensivo Gabelli. L'ingresso, comune ad entrambe le scuole, avviene da Via

¹¹ nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica stipulato con il Dipartimento di Progettazione Urbana e Urbanistica (DPUU), confluito nel Dipartimento di Architettura (DiARC), e il Comune.

Borelli attraverso una corte aperta, caratterizzata da una parte centrale asfaltata e da aiuole con alberi sempreverdi ai lati.

La parte che ospita il Plesso Borelli, per la sua forma compatta, rientra nella tipologia edilizia a blocco con modello distributivo aula-corridoio e si sviluppa su 4 livelli, 3 fuori terra costituiti dalle aule per la didattica e dagli uffici amministrativi ed uno seminterrato in cui si trovano il laboratorio di informatica, il teatro e la palestra.

S.M.S. Viale Delle Acacie

La scuola è situata al centro del quartiere Vomero, un quartiere in zona collinare, ad alta concentrazione edilizia e abitativa, che insieme al quartiere Arenella forma la quinta municipalità. Nel quartiere sono presenti alcuni impianti sportivi, di cui i ragazzi e i giovani possono usufruire, e qualche polmone di verde, tuttavia insufficiente rispetto ai bisogni della popolazione.

L'edificio, costruito tra il 1946-1960 con un sistema costruttivo a telaio in cemento armato, per la sua forma più o meno compatta costituita da 2 blocchi congiunti dal corpo scale, rientra nella tipologia edilizia a blocco accorpato con modello distributivo aula-corridoio. Il Blocco corrispondente alle aule per la didattica si sviluppa su 4 livelli, 3 fuori terra che ospitano le aule per la didattica ed uno seminterrato che ospita in un'ala i laboratori di informatica, e nell'altra gli spazi ricreativi, in passato utilizzati per il refettorio. L'altro blocco, invece, di dimensioni più piccole, si sviluppa su 3 livelli ed ospita la palestra, gli uffici amministrativi, il teatro e le aule per le attività musicali. La scuola presenta due ingressi quello principale su Via Puccini, caratterizzato da uno spazio esterno piuttosto esiguo, che costringe gli studenti a sostare sul marciapiede che delimita la strada, in cui vi è anche la presenza di qualche albero, e quello secondario su via Donizzetti, caratterizzato da uno spazio aperto più ampio totalmente asfaltato.

I.C. 9 CUOCO-SCHIPA - Plesso Schipa e Plesso Cuoco

Le scuole sono situate nel quartiere Avvocata, un quartiere in zona collinare ad alta concentrazione edilizia e abitativa, che insieme ai quartieri Montecalvario, Mercato, Pendino, Porto, San Giuseppe forma la seconda municipalità. Nel quartiere sono presenti alcuni impianti sportivi, di cui i ragazzi e i giovani possono usufruire, e qualche polmone di verde, tuttavia insufficiente rispetto ai bisogni della popolazione.

L'edificio del Plesso Schipa (secondaria di primo grado), costruito nel 1950 con un sistema costruttivo a telaio in cemento armato, per la sua forma più o meno compatta costituita da 2 blocchi di cui uno corrispondente solo alla palestra, rientra nella tipologia edilizia a blocco accorpato con modello distributivo aula-corridoio. Il blocco che ospita le aule didattiche, gli uffici amministrativi e i laboratori informatici e linguistici si sviluppa su 4 livelli fuori terra; parte del piano terra appartiene ad un altro istituto scolastico. La scuola presenta un solo ingresso in corrispondenza di uno spazio esterno, caratterizzato dalla presenza di pochi alberi, condiviso con l'Istituto d'Istruzione Superiore Statale "Antonio Serra".

L'edificio del Plesso Cuoco (infanzia e primari), costruito prima del 1900 in muratura portante ed adattato in un secondo momento ad uso scolastico, per la sua forma a C, rientra nella tipologia edilizia a blocco accorpato con modello distributivo aula-corridoio e si sviluppa su 4 livelli che ospitano le aule didattiche e gli uffici amministrativi. A questo è congiunto da un corridoio interno un piccolo blocco corrispondente alla palestra. La scuola, a differenza di altre scuole ricadenti in quartieri simili per concentrazione edilizia e abitativa, presenta uno spazio esterno piuttosto ampio utilizzato per attività all'aperto (attività ginniche etc.). L'ingresso alla scuola avviene da Via Salvator Rosa attraverso una corte aperta, caratterizzata da due aiuole con alcuni alberi sempreverdi ai lati.

ASILO NIDO "P. Ciccarelli"

La scuola è situata nel quartiere Barra, nella zona orientale della città sulle pendici occidentali del Vesuvio, che insieme ai quartieri Ponticelli e San Giovanni

a Teduccio forma la sesta municipalità. Nel quartiere sono presenti alcuni impianti sportivi, di cui i ragazzi e i giovani possono usufruire, ma non ludoteche, biblioteche o parchi gioco.

L'edificio, costruito dopo il 1976 con un sistema costruttivo prefabbricato, è suddiviso in due parti una ospita l'Asilo Nido "P. Ciccarelli" e l'altra la scuola dell'infanzia 68° C.D. Caruso. Le scuole condividono uno spazio aperto pertinenziale piuttosto ampio caratterizzato da zone pavimentate e zone con aiuole e alcuni alberi, ma hanno ingressi separati. La parte che ospita l'Asilo Nido rientra nella tipologia edilizia a piastra con modello distributivo ad unità funzionale e si sviluppa su un unico livello costituito dalle aule per la didattica, dalla presidenza e dai dormitori.

4. I casi studio

4.1 Schedatura critica delle scuole campione

Al fine di individuare le criticità ricorrenti degli edifici scolastici esaminati e gli interventi di riqualificazione energetica da adottare sono state redatte, per ogni caso studio, delle schede di analisi. I dati riportati sono stati estrapolati in parte dalla banca dati dell'anagrafe dell'edilizia scolastica e in parte sono stati raccolti in situ attraverso sopralluoghi.

Le schede si suddividono in 7 parti e sono strutturate nel modo seguente:

SC	01	DATI GENERALI	
----	----	---------------	--

In cui sono riportate informazioni di carattere generale riguardanti:

- Dati identificativi (Indirizzo, Municipalità, Progettisti, Data di costruzione, Data di ultima manutenzione, Schema distributivo, Tipologia dell'edificio)
- Dati occupazione suolo (Superficie totale area scolastica, Superficie totale spazio aperto, superficie coperta dell'edificio, superficie utile, Volume lordo, N° piani)
- Sistema costruttivo (Struttura, chiusura esterna, infissi esterni, coperture, solai, impianti)

SC	02	ANALISI DEL SOLEGGIAMENTO	
----	----	---------------------------	--

Tale scheda si sviluppa in 2 moduli:

SC 02_a in cui si riportano i dati climatici e l'analisi del soleggiamento attraverso la carta solare e le sezioni

SC 02_b in cui si analizza il soleggiamento attraverso le ombre portate.

SC	03	ANALISI TERMOGRAFICHE	
----	----	-----------------------	--

In questa scheda, suddivisa in modulo a e b, sono riportate le immagini termografiche scattate con la termocamera¹ sia all'esterno che all'interno degli

¹ La termocamera è un dispositivo senza contatto che rileva l'energia all'infrarosso (calore) emessa da un oggetto e la converte in un segnale elettronico che viene successivamente elaborato per produrre un'immagine termica su un display ed eseguire i calcoli della temperatura. Il calore rilevato da una termocamera può essere quantificato in modo estremamente preciso, permettendo non solo di monitorare l'andamento termico ma anche di

edifici e le superfici opache e trasparenti per ciascun prospetto con la percentuale di superfici trasparenti rispetto a quelle totali.

SC	04	ANALISI TERMOIGROMETRICHE
----	----	---------------------------

In questa scheda sono riportati i valori delle temperature e dell'umidità relativa dell'aria rilevati con il termoigrometro² in quasi tutti gli ambienti degli edifici scolastici oggetto di studio.

SC	05	ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE
----	----	---------------------------------------

In tale scheda si riportano le caratteristiche termofisiche (trasmissione termica delle coperture, delle strutture verticali opache/trasparenti, del solaio verso locali non riscaldati o controterra, trasmissione termica periodica³ delle coperture e delle chiusure opache verticali) i valori di energia primaria (E_{pi}) (E_{pi} Limite, in funzione della zona climatica, dei gradi giorno del sito di progetto e del rapporto di forma dell'edificio, E_{pi} invernale, indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale) e alcune foto che documentano il tipo di lampade utilizzate e i terminali.

SC	06	ANALISI DEGLI SPAZI APERTI
----	----	----------------------------

Tale scheda si sviluppa in due moduli:

SC 06_a in cui sono riportati i dati dimensionali relativi alle superfici degli spazi aperti intendendo per questi le coperture e gli spazi esterni di pertinenza dell'edificio scolastico e le percentuali delle superfici impermeabili e permeabili.

SC 06_b in cui sono riportate le temperature delle superfici esposte e non esposte a radiazione solare (rilevate con il termoigrometro) e le immagini termografiche che evidenziano la radiazione solare assorbita dalle diverse superfici.

SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE-ENERGETICHE-AMBIENTALI
----	----	---

L'ultima scheda, invece, riporta le criticità emerse dalle analisi effettuate (analisi del soleggiamento, termografiche, termoigrometriche, delle prestazioni energetiche e degli spazi aperti). Le criticità sono state individuate attraverso una metodologia esigenziale/prestazionale che si è avvalsa delle norme UNI e dei

identificare e valutare la gravità relativa ai problemi legati al calore. Strumento in dotazione al Dipartimento di Architettura.

² Strumento, in dotazione al Dipartimento di Architettura, che oltre a leggere simultaneamente la temperatura e l'umidità relativa dell'aria, rileva le temperature delle superfici.

³ Indicatore di prestazione dell'inerzia termica.

Protocolli Internazionali e Nazionali. In particolare le esigenze e i requisiti sono stati estrapolati dalle norme UNI 8290 (Parte 2^a) – 1983 *“Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti”*, e UNI 11277 – 2008 *“Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione”*, dal protocollo *Leed For School* e dal protocollo *ITACA Nazionale 2011 per gli edifici scolastici*. La scheda è strutturata nel modo seguente:

ANALISI SOLEGGIAMENTO	ESIGENZE	REQUISITI
	BENESSERE TERMICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del fattore solare
	BENESSERE VISIVO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del flusso luminoso
		Riduzione degli effetti di disturbo visivi
ANALISI TERMOGRAFICA	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo della trasmissione di calore attraverso l' involucro
		Controllo della condensazione superficiale
		Controllo della formazione di umidità di risalita
ANALISI TERMO-IGROMETRICA	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Temperatura dell'aria in ambienti riscaldati meccanicamente
		Umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente
		Ventilazione e qualità dell'aria
		Controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti
ANALISI PRESTAZIONI ENERGETICHE	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisiti geometrici e fisici)	Trasmittanza termica dell'involucro edilizio
		Inerzia Termica dell'edificio
		Isolamento termico
		Tenuta all'aria
	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito energetico)	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili o assimilate
ANALISI SPAZI APERTI	IMPATTO SULL' AMBIENTE CIRCOSTANTE	Effetto Isola di calore: spazi aperti
		Effetto Isola di calore: coperture
	ACQUE REFLUE	Permeabilità del suolo

ESIGENZA	Da Norma UNI 11277-2008 Da Protocolli di valutazione della sostenibilità
REQUISITO	Da Norma UNI 11277-2008 Da Norma UNI 8290 (Parte 2 ^a) Da Protocolli di valutazione della sostenibilità
INDICAZIONE	Da Norma UNI 11277-2008 Da Norma UNI 8290 (Parte 2 ^a) Da Protocolli di valutazione della sostenibilità

ANALISI DEL SOLEGGIAMENTO	
ESIGENZA	BENESSERE TERMICO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Controllo del fattore solare
DESCRIZIONE	Attitudine a consentire un adeguato ingresso di energia termica raggiante attraverso superfici (trasparenti e/o opache) in funzione delle condizioni climatiche.
RIFERIMENTI NORMATIVI	Norma UNI 11277 – 2008 <i>“Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione”</i> . Norma UNI 8290 Parte 2 ^a <i>“Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti”</i> .
ESIGENZA	BENESSERE VISIVO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Controllo del flusso luminoso
DESCRIZIONE	Attitudine a consentire l'ingresso di energia luminosa.
RIFERIMENTI NORMATIVI	Norma UNI 11277 – 2008 <i>“Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione”</i> . Norma UNI 8290 Parte 2 ^a <i>“Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti”</i> .
ESIGENZA	BENESSERE VISIVO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Riduzione degli effetti di disturbo visivi
DESCRIZIONE	Le scelte progettuali relative alla sistemazione degli spazi esterni devono evitare il verificarsi di eventuali disturbi visivi, quali per esempio, l'abbagliamento provocati dalle interazioni tra gli elementi del progetto e il contesto.
RIFERIMENTI NORMATIVI	Norma UNI 11277 – 2008 <i>“Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione”</i> .

ANALISI TERMOGRAFICHE	
ESIGENZA	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Controllo delle dispersioni di calore per trasmissione
DESCRIZIONE	Contenimento entro determinati livelli delle perdite di calore per conduzione, convezione, irraggiamento
RIFERIMENTI NORMATIVI	PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Area di valutazione di appartenenza D <i>“Qualità ambientale indoor”</i> , Categoria di appartenenza D.3 <i>“Benessere termo-igrometrico”</i> . Norma UNI 8290 Parte 2 ^a <i>“Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti”</i> .
ESIGENZA	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Controllo della condensazione superficiale
DESCRIZIONE	Attitudine ad evitare la formazione di condensa sulla superficie degli elementi
RIFERIMENTI NORMATIVI	PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Area di valutazione di appartenenza D <i>“Qualità ambientale indoor”</i> , Categoria di appartenenza D.3 <i>“Benessere termo-igrometrico”</i> . Norma UNI 8290 Parte 2 ^a <i>“Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti”</i> .
ESIGENZA	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Controllo della formazione di umidità di risalita
DESCRIZIONE	Attitudine ad evitare la formazione di umidità di risalita sulle superfici interna ed esterne.
RIFERIMENTI NORMATIVI	Norma UNI 8290 Parte 2 ^a <i>“Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti”</i> .

ANALISI TERMO-IGROMETRICHE	
ESIGENZA	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Temperatura dell'aria in ambienti riscaldati meccanicamente
DESCRIZIONE	Mantenere un livello soddisfacente di comfort termico in ambienti riscaldati meccanicamente
RIFERIMENTI NORMATIVI	PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Categoria di appartenenza D.3 <i>“Benessere termo-igrometrico”</i> , Criterio D.3.3, <i>Temperatura dell'aria e umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente</i>
ESIGENZA	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente
DESCRIZIONE	Mantenere un livello soddisfacente di comfort termico in ambienti riscaldati meccanicamente



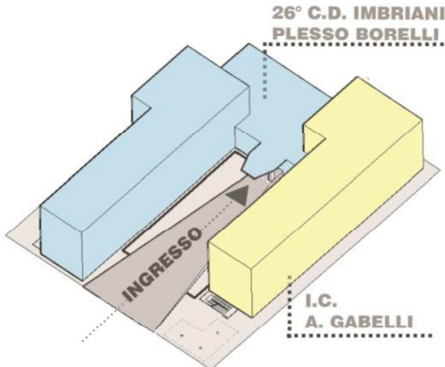
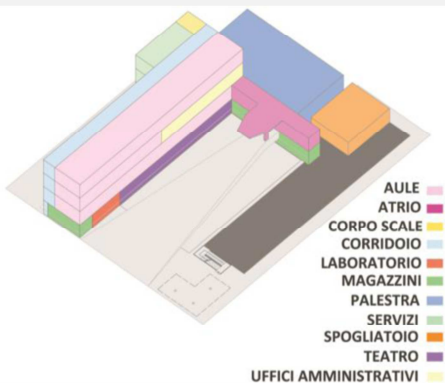
RIFERIMENTI NORMATIVI	PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Categoria di appartenenza D.3 <i>Benessere termigrometrico</i> , Criterio D.3.3, <i>Temperatura dell'aria e umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente</i>
ESIGENZA	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Ventilazione e qualità dell'aria
DESCRIZIONE	Possibilità di ottenere ricambio d'aria per via naturale o meccanica. Garantire una ventilazione che consenta di mantenere un elevato grado di salubrità dell'aria, minimizzando al contempo i consumi energetici per la climatizzazione.
RIFERIMENTI NORMATIVI	PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Area di valutazione di appartenenza D <i>"Qualità ambientale indoor"</i> , Categoria di appartenenza D.2 <i>"Ventilazione"</i> , criterio D.2.5 <i>"Ventilazione e qualità dell'aria"</i> Norma UNI 8290 Parte 2 ^a <i>"Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti"</i> .
ESIGENZA	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI
REQUISITO	Controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti
DESCRIZIONE	Regolazione della temperatura ambiente in funzione degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti.
RIFERIMENTI NORMATIVI	PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Area di valutazione di appartenenza D <i>"Qualità ambientale indoor"</i> , Categoria di appartenenza D.3

ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE	
ESIGENZA	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisiti geometrici e fisici)
REQUISITO	Trasmittanza termica dell'involucro edilizio
DESCRIZIONE	Attitudine a ridurre lo scambio termico per trasmissione durante il periodo invernale differenza di tempo che intercorre tra l'ora in cui si ha la massima temperatura all'esterno e l'ora in cui si ha la massima temperatura all'interno,
RIFERIMENTI NORMATIVI	Norma UNI 11277 – 2008 <i>"Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione"</i> . PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Area di valutazione di appartenenza B <i>"Consumo di risorse"</i> , Categoria di appartenenza B.6 <i>"Prestazioni dell'involucro"</i> , criterio B.6.3 <i>"Trasmittanza termica dell'involucro edilizio"</i>
ESIGENZA	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisiti geometrici e fisici)

REQUISITO	Inerzia Termica dell'edificio
DESCRIZIONE	Mantenere buone condizioni di comfort termico negli ambienti nel periodo estivo, evitando il surriscaldamento dell'aria.
RIFERIMENTI NORMATIVI	PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Area di valutazione di appartenenza B <i>"Consumo di risorse"</i> , Categoria di appartenenza B.6 <i>"Prestazioni dell'involucro"</i> , criterio B.6.5 <i>"Inerzia termica dell'edificio"</i>
ESIGENZA	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisiti geometrici e fisici)
REQUISITO	Isolamento termico
DESCRIZIONE	Attitudine ad assicurare un'opportuna resistenza al passaggio di calore in funzione delle condizioni climatiche
RIFERIMENTI NORMATIVI	Norma UNI 11277 – 2008 <i>"Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione"</i> .
ESIGENZA	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisiti geometrici e fisici)
REQUISITO	Tenuta all'aria
DESCRIZIONE	Attitudine ad evitare infiltrazioni d'aria
RIFERIMENTI NORMATIVI	Norma UNI 11277 – 2008 <i>"Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione"</i> . Norma UNI 8290 Parte 2 ^a <i>"Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Analisi dei requisiti"</i> .
ESIGENZA	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito energetico)
REQUISITO	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili o assimilate
DESCRIZIONE	L'efficienza energetica (con riferimento all'energia primaria) del sistema complessivo edificio-impianto in progetto, deve essere incrementata rispetto alla prassi corrente e all'utilizzo di combustibili fossili non gassosi. Tale incremento può essere ottenuto riducendo il fabbisogno (misure di conservazione energetica e di aumento di rendimento degli impianti) e utilizzando sistemi energetici, basati su fonti rinnovabili.
RIFERIMENTI NORMATIVI	Norma UNI 11277 – 2008 <i>"Sostenibilità in edilizia. Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione"</i> .

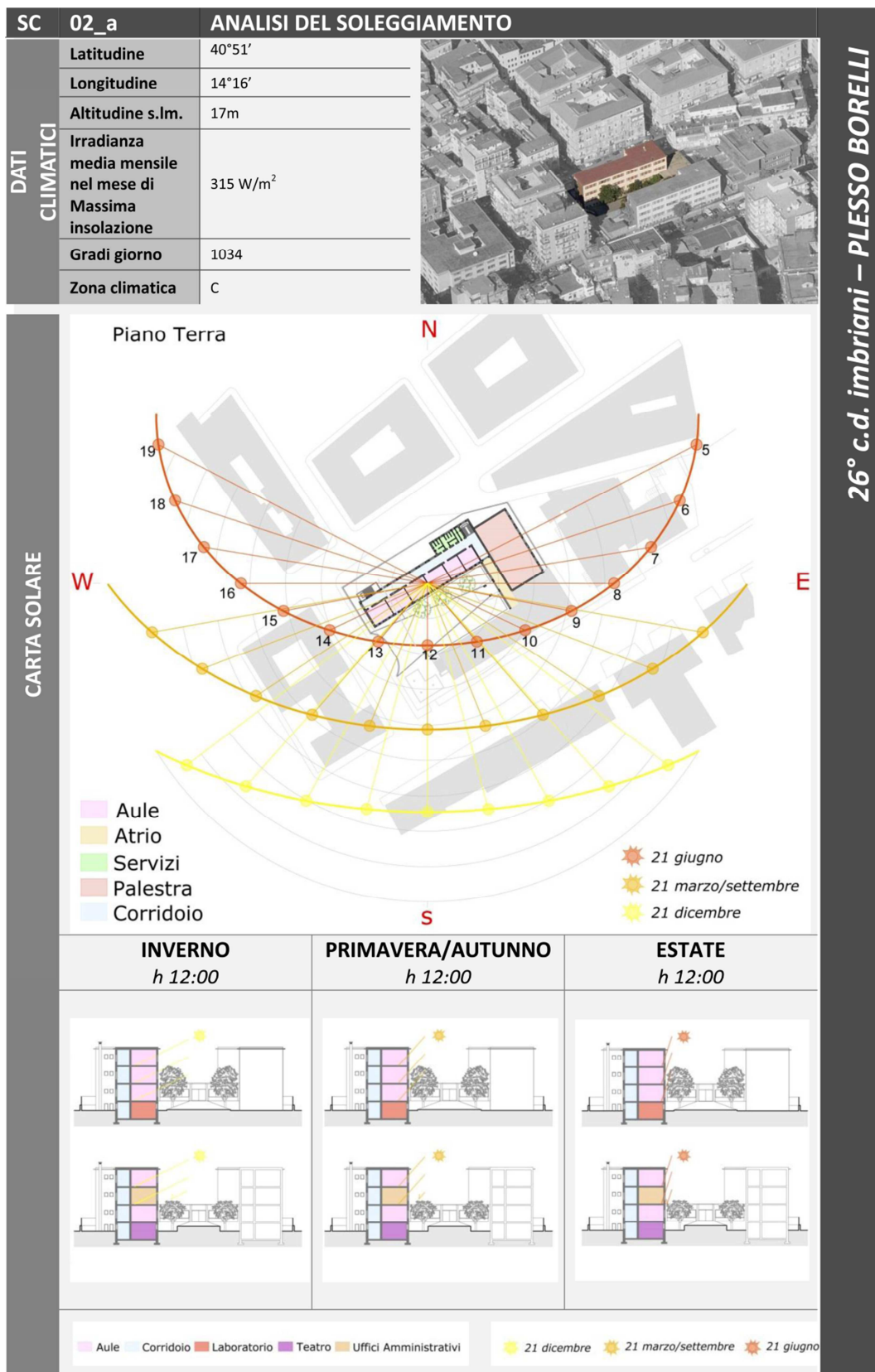
ANALISI DEGLI SPAZI APERTI	
ESIGENZA	IMPATTO SULL' AMBIENTE CIRCOSTANTE
REQUISITO	Effetto Isola di calore: spazi aperti
DESCRIZIONE	Garantire che gli spazi esterni abbiano condizioni di comfort termico accettabile durante il periodo estivo
RIFERIMENTI NORMATIVI	<p>PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Area di valutazione di appartenenza C <i>"Carichi ambientali"</i>, Categoria di appartenenza C.6 <i>"Impatto sull' ambiente circostante"</i>, criterio C.6.8 <i>"Effetto isola di calore"</i></p> <p>PROTOCOLLO LEED for School 2009, Area di valutazione di appartenenza SS <i>"Sustainable sites"</i>, credito 7.1 <i>"Heat Island effect - Nonroof"</i>.</p>
ESIGENZA	IMPATTO SULL' AMBIENTE CIRCOSTANTE
REQUISITO	Effetto Isola di calore: coperture
DESCRIZIONE	Ridurre gli effetti dell'isola di calore locale derivanti dalle coperture degli edifici, al fine di minimizzare, con adeguati criteri progettuali, l'impatto sul microclima e sull'habitat umano e animale.
RIFERIMENTI NORMATIVI	PROTOCOLLO LEED for School 2009, Area di valutazione di appartenenza SS <i>"Sustainable sites"</i> , credito 7.2 <i>"Heat Island effect - Roof"</i> .
ESIGENZA	ACQUE REFLUE
REQUISITO	Permeabilità del suolo
DESCRIZIONE	Minimizzare l'interruzione e l'inquinamento dei flussi naturali d'acqua
RIFERIMENTI NORMATIVI	<p>PROTOCOLLO ITACA Nazionale Edifici Scolastici 2011. Area di valutazione di appartenenza C <i>"Carichi ambientali"</i>, Categoria di appartenenza C.4 <i>"Acque reflue"</i>, criterio C.4.3 <i>"Permeabilità del suolo"</i></p>

4.1.1 Schede di analisi

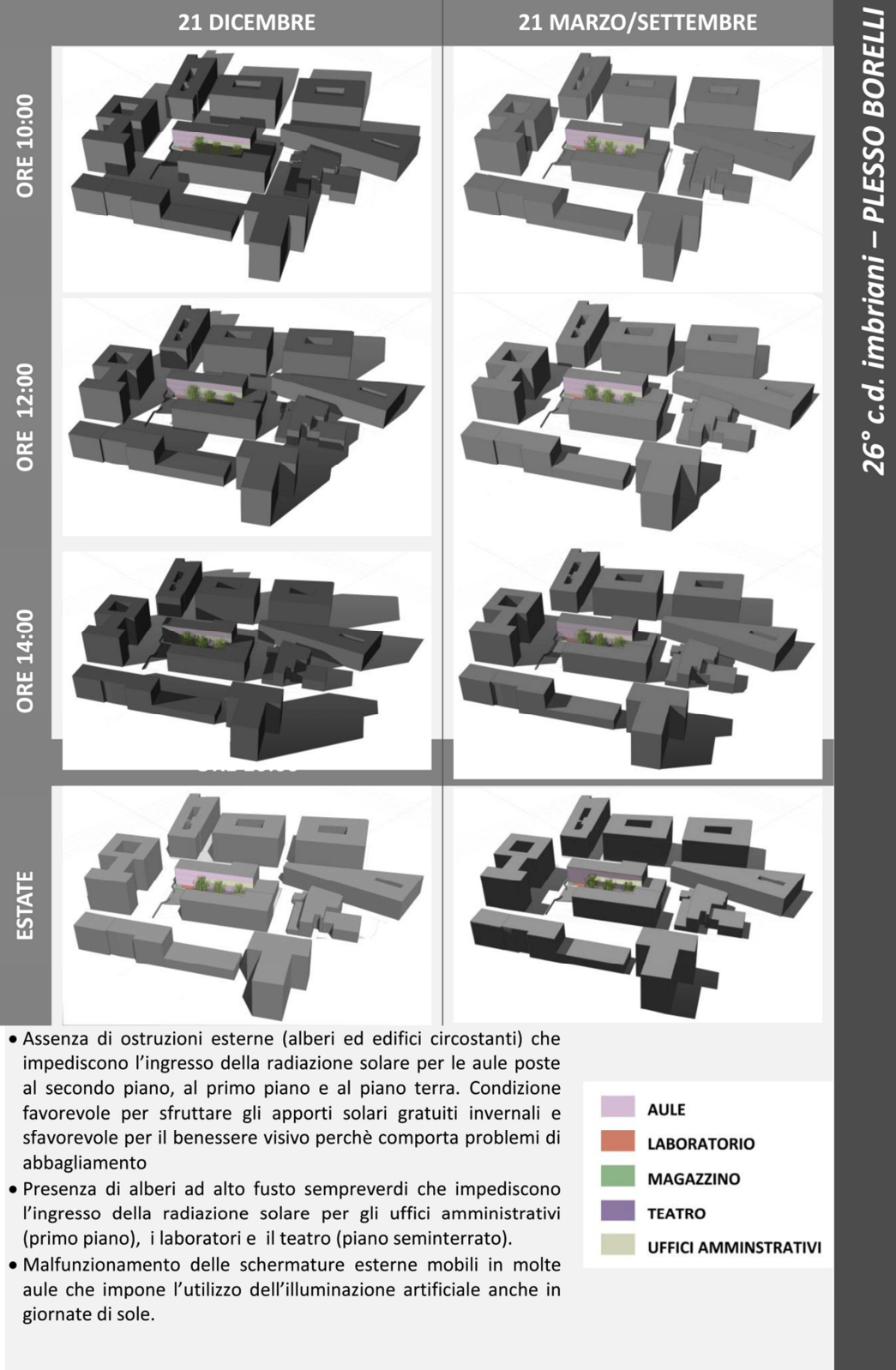
SC	01	DATI GENERALI	
DATI IDENTIFICATIVI	Sedi scolastiche ospitate nell'edificio	Infanzia	Cod. MIUR: NAAA02603
		Primaria	Cod. MIUR: NAE0260B
	Indirizzo	Via G. A. Borelli	
	Municipalità	4 - San Lorenzo, Vicaria, Poggioreale, Zona industriale	
	Data di costruzione	1950	
	Data dell'ultima manutenzione	2002	
	Schema distributivo	Aula-corridoio	
	Tipologia dell'edificio	Blocco	
			
			
			
DATI OCCUPAZIONE SUOLO	Sup. Tot. area scolastica	Mq 1826,8	
	Sup. Tot. spazio aperto	Mq 886,2	
	Sup. coperta dell'edificio	Mq 940,6	
	Sup. utile dell'edificio	Mq 2110,0	
	Volume lordo dell'edificio	Mc 18.429,6	
	N° Piani	4 (3 piani fuori terra, 1 seminterrato)	
			
CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE			
SISTEMA COSTRUTTIVO	Struttura	Telaio in c.a.	
	Chiusura esterna	Muratura a doppio strato a cassa vuota con intercapedine d'aria, paramento esterno e interno in blocchi di laterizio forato, rivestimento esterno costituito in parte da intonaco e in parte da listelli di clinker.	
	Infissi esterni	Serramenti in alluminio a doppio vetro, con apertura a battente, avvolgibile esterno e veneziana interna.	
	Coperture	Copertura piana in laterocemento con guaina esterna a vista, non praticabile. All'intradosso, in corrispondenza del corridoio, è presente un controsoffitto con pannelli in gesso rivestito	
	Solai	Solai intermedi in laterocemento con travetti prefabbricati. In alcune aule il solaio presenta un controsoffitto. Solaio controterra privo di intercapedine aerata	
	Impianti	Impianto di riscaldamento costituito da caldaia alimentata a gas metano e radiatori come terminali in ambiente. Non sono presenti impianti di ventilazione e raffreddamento, eccetto per gli uffici amministrativi in cui è presente un impianto di climatizzazione.	

26° c.d. imbriani – PLESSO BORELLI

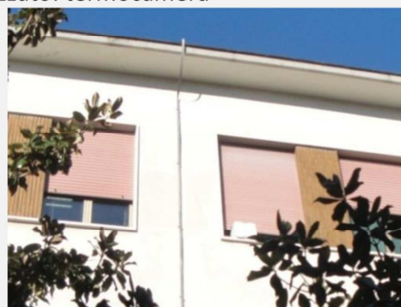
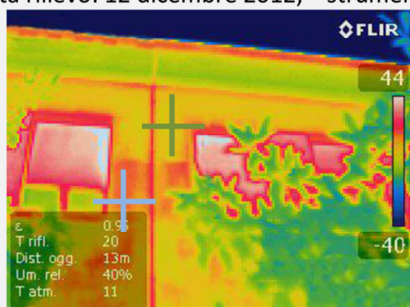
26° c.d. imbriani – PLESSO BORELLI



26° c.d. imbricanti – PLESSO BORELLI



Data rilievo: 12 dicembre 2012, strumento utilizzato: termocamera

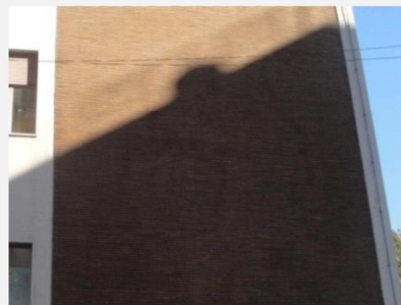
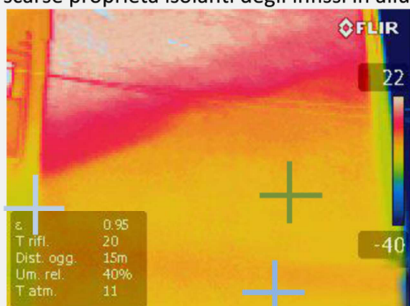


PROSPETTO SUD-EST	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
	676,4 mq	195,8 mq	480,6 mq	29 %

Ponti termici (puntatore azzurro), dispersioni di calore dalla parete (puntatore verde), dai vetri e dagli infissi.

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico,
2. scarse proprietà isolanti degli infissi in alluminio.

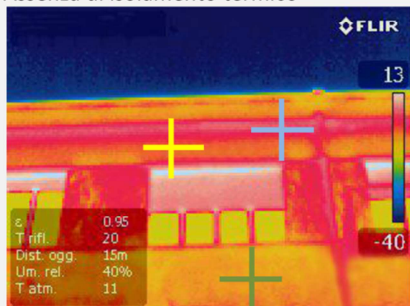


PROSPETTO SUD-OVEST	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
	216,1 mq	27,9 mq	188,2 mq	13 %

Ponti termici (puntatore azzurro) in corrispondenza del pilastro e del solaio e dispersioni di calore dalla parete (puntatore verde).

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico



PROSPETTO NORD-OVEST	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
	770,7 mq	83,1 mq	687,6 mq	11 % mq

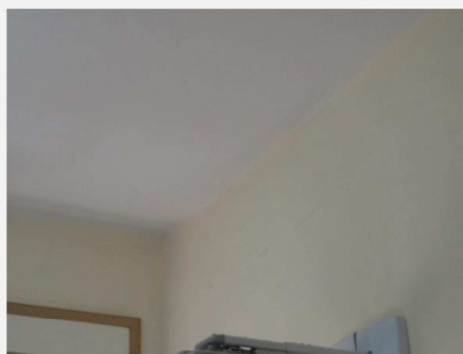
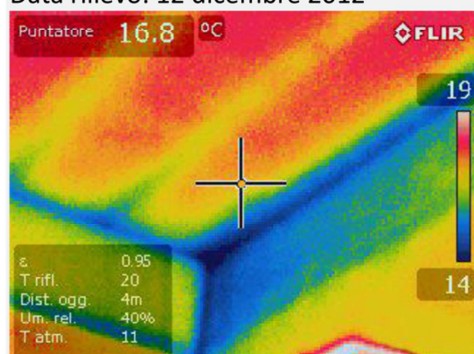
Ponti termici (puntatore azzurro) al di sotto della cornice marcapiano, dispersioni di calore dalla parete (puntatore verde), dal cassonetto dell'avvolgibile (puntatore giallo), dai vetri e dagli infissi in alluminio.

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico,
2. scarse proprietà isolanti degli infissi in alluminio.

PROSPETTO NORD-EST	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
	306 mq	45,4 mq	260,6 mq	15 %

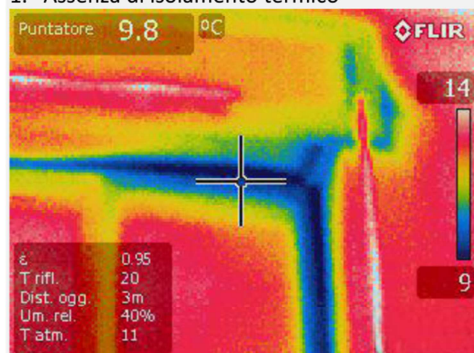
Data rilievo: 12 dicembre 2012



Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di condensa (colorazione blu scuro) generata da un ponte termico nell'attacco fra il solaio e la parete, è, inoltre, abbastanza visibile l'orditura dei travetti del solaio.

CAUSE

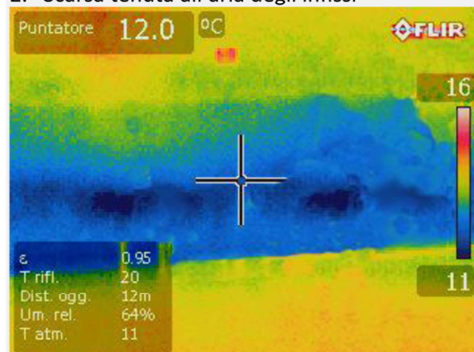
1. Assenza di isolamento termico



Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di un ponte termico (colorazione blu scuro) in corrispondenza dell'attacco fra il telaio dell'infisso e la parete, ed infiltrazione d'aria.

CAUSE

1. Assenza di isolamento termico
2. Scarsa tenuta all'aria degli infissi



Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di umidità di risalita (colorazione blu)

CAUSE:

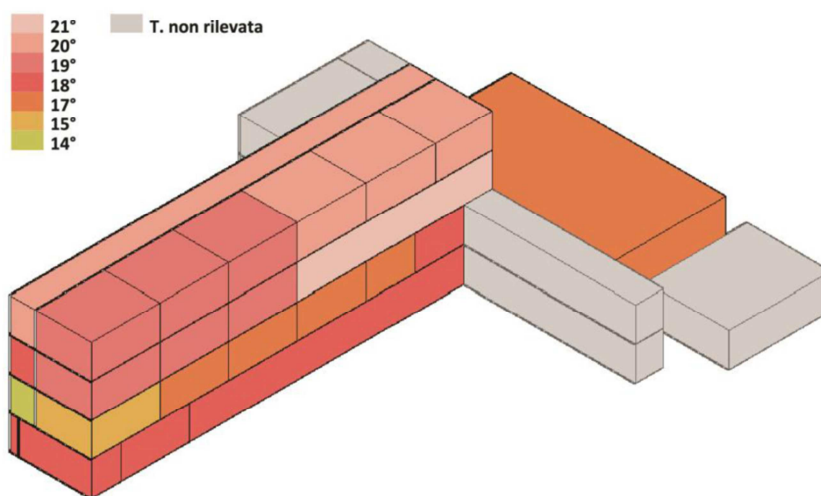
1. Assenza di isolamento termico delle murature e del solaio controterra,
2. Assenza di sistemi di aerazione (scannafosso aerante, intercapedini etc.)

SUPERFICIE DISPERDENTE

(Chiusure verticali opache-trasparenti copertura e solaio controterra)

3906,35 m²

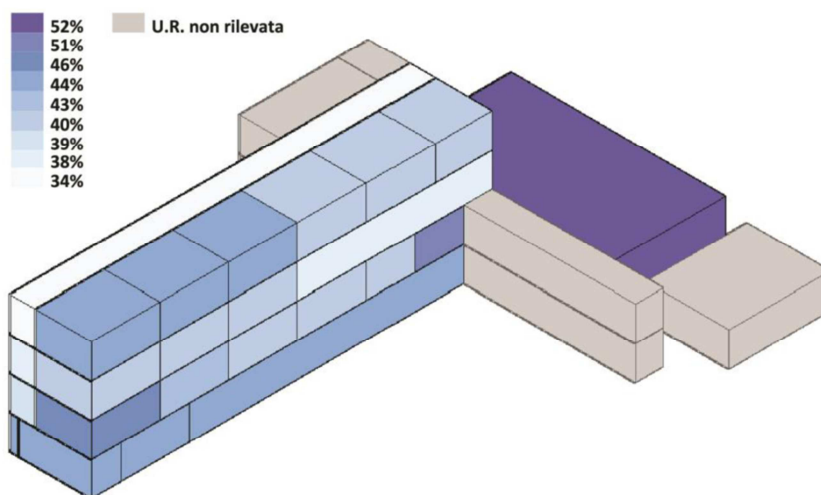
Data rilievo: 12 dicembre 2012, strumento utilizzato: termo-igrometro



La temperatura dei locali interni non è omogenea e non raggiunge la temperatura ideale di 20° - 22°C ad eccezione degli uffici amministrativi situati al primo piano e di alcune aule poste al secondo ed ultimo piano. Le aule più fredde (temperature tra i 15° e i 17°) corrispondono alle sezioni materne poste al piano terra.

CAUSE:

1. Posizione ed esposizione delle aule
2. Numero di occupanti
3. Presenza di alberi ad alto fusto sempreverdi che impediscono l'ingresso dei raggi solari invernali attraverso le superfici vetrate sfavorendo l'apporto solare gratuito
4. Inadeguatezza della regolazione dell'impianto di riscaldamento, i terminali non sono dotati di valvole termostatiche.





Per ottenere un buon equilibrio termico, l'umidità relativa degli ambienti dovrebbe essere mantenuta intorno al 50%. Al piano seminterrato i valori di umidità sono più alti mentre ai piani superiori sono più bassi.


CAUSE:

1. Numero di occupanti
2. Scarsi ricambi d'aria
3. Problemi di umidità di risalita

SC	05	ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE	
CARATTERISTICHE TERMOFISICHE		TRASMITTANZA TERMICA U (W/m²K)	TRASMITTANZA TERMICA LIMITE PER EDIFICI PUBBLICI U Limite (W/m²K) (ridotti del 10% secondo il D.lgs. 311 e D.Lsg. 59/09)
	COPERTURA	0,87 con controsoffitto 1,15 senza controsoffitto	0,34
	CHIUSURE OPACHE VERTICALI	0,97	0,36
	SOLAIO CONTRO TERRA O VERSO LOCALI NON RISCALDATI O ESTERNO	0,83	0,38
	CHIUSURE TRASPARENTI	3,88	2,34
		TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA* Ψie (W/m²K)	TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA LIMITE Ψie Limite (W/m²K)
	COPERTURA	0,45	0,20
	CHIUSURE OPACHE VERTICALI	0,43	0,12
*Calcolo non obbligatorio per gli edifici scolastici secondo D.Lsg. 59/09			
ENERGIA PRIMARIA	EPI Limite di progetto*	3,9 Kwh/m³anno	
	EPI - energia primaria per il riscaldamento invernale	8,8 Kwh/m³anno	
	CLASSE ENERGETICA	F	
	*Calcolato in funzione della zona climatica (C), dei gradi giorno del sito di progetto (1034) e del rapporto di forma dell’edificio (Sd/V=0,21)		

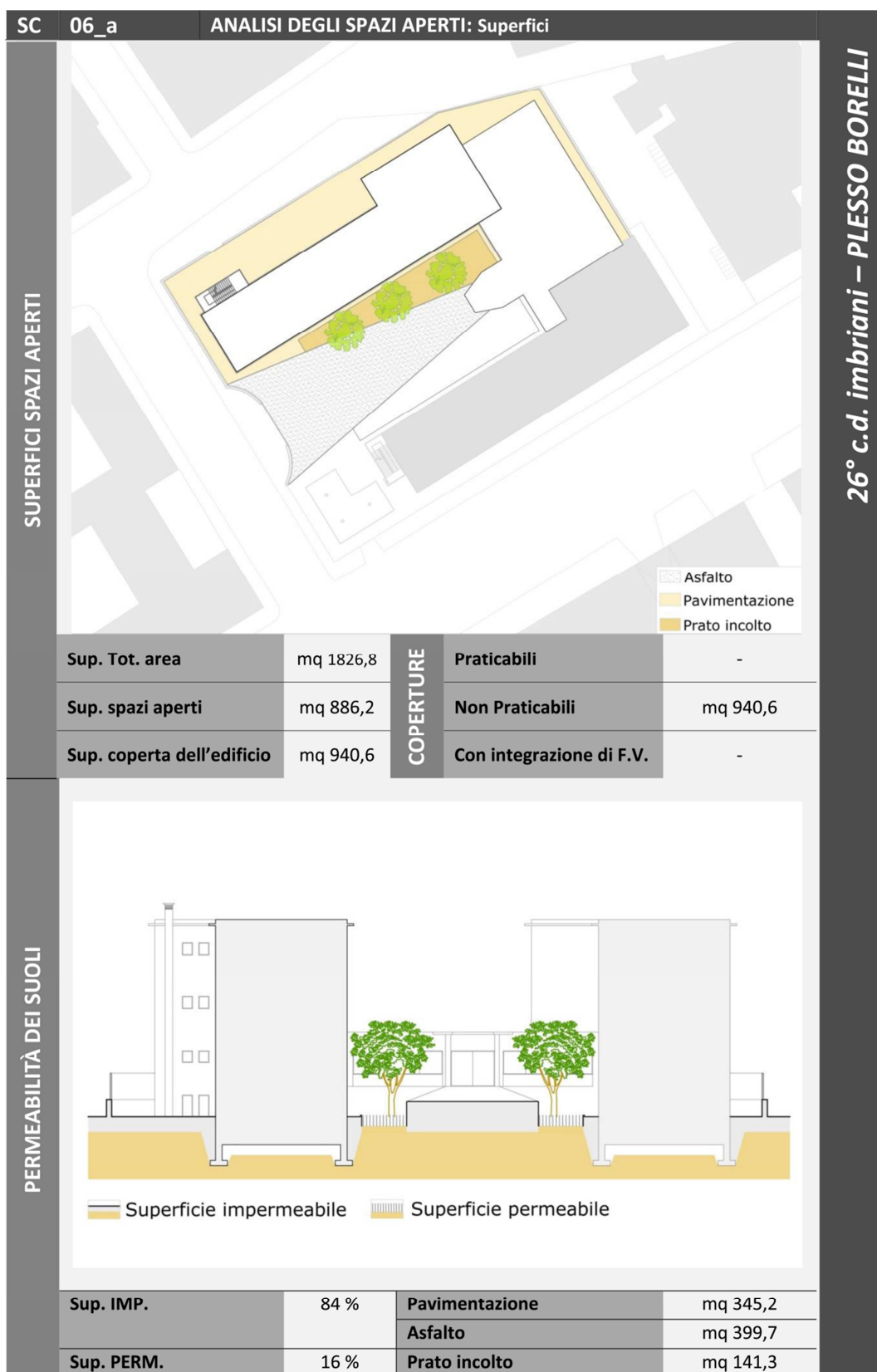










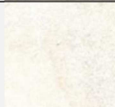


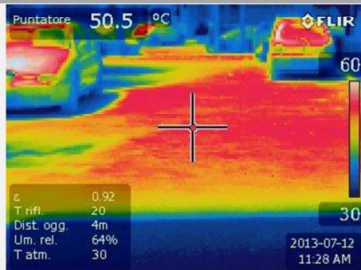
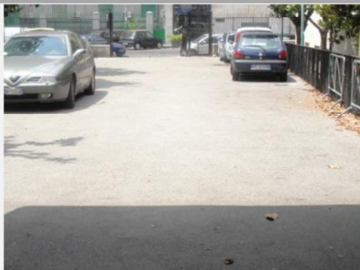
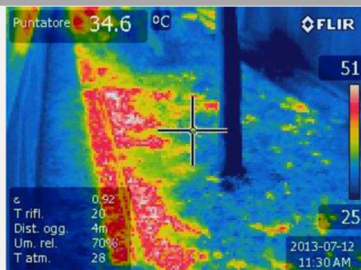
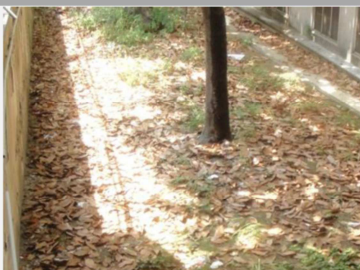
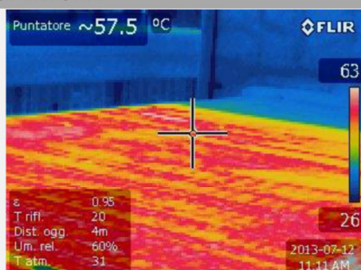



Presenza di lampade fluorescenti (CFL) in tutte le aule, solo in quelle al terzo piano gli apparecchi illuminanti sono dotati di sistemi schermanti per evitare il fenomeno di abbagliamento da sorgenti artificiali. Terminali sprovvisti di valvole termostatiche.

26° c.d. imbriani – PLESSO BORELLI



26° c.d. imbriani – PLESSO BORELLI

SC	06_b	ANALISI DEGLI SPAZI APERTI: rilievo termoigrometrico e termografico					
TEMPERATURE SUPERFICI	Data rilievo: 12 luglio 2013						
	SUP. ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE			SUP. NON ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE			
	Terreno	26,8° C		Terreno	25,9°C		
	Pavimentazione	38,4° C		Pavimentazione (O. AL.)* (O. ED.)*	32,9°C 31,6°C		
	Betonella in cemento	38,7° C		Betonella in cemento (O.ED.)	32,6°C		
	Asfalto	58,4° C		Asfalto (O. AL.)* (O. TE.)*	32,9°C 27,7°C		
	Guaina	64,7° C		Guaina	-	-	
*O. AL. (Ombra albero) O.ED. (Ombra edificio) O. TE. (Ombra Tettoia)							
ZONA ASFALTATA							
Tatm 30°C							
Urel 64%							
ZONA ALBERATA							
Tatm 28°C							
Urel 70%							
COPERTURA							
Tatm 31°C							
Urel 60%							

26° c.d. imbriani – PLESSO BORELLI



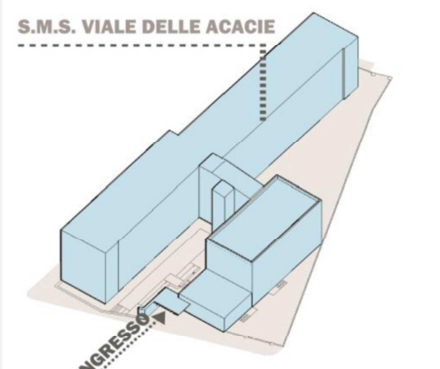
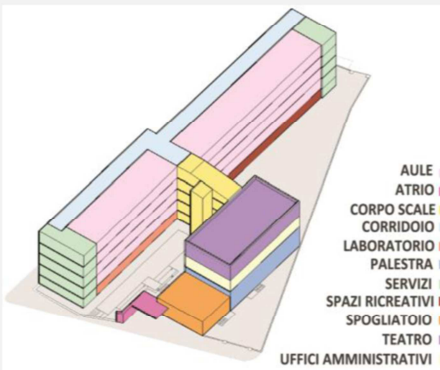
26° c.d. imbriani – PLESSO BORELLI

SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI SOLEGGIAMENTO	ESIGENZE	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
	BENESSERE TERMICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del fattore solare	Le ombre portate degli edifici circostanti, per la loro distanza dall'edificio scolastico, non limitano l'irraggiamento solare diretto sulla facciata a sud-est in cui si trovano le aule.	PRESENZA DI ALBERI SEMPREVERDI
			La presenza di alberi ad alto fusto sempreverdi non consente di sfruttare gli apporti solari gratuiti invernali nelle aule poste al piano terra e nel teatro posto al piano seminterrato, è utile, invece, a ridurre gli apporti solari estivi.	
			La presenza di schermature interne ed esterne mobili in cattivo stato, in buona parte delle aule, non consente di sfruttare al meglio gli apporti solari gratuiti invernali.	
	BENESSERE VISIVO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del flusso luminoso	La presenza di schermature interne ed esterne mobili in cattivo stato, in buona parte delle aule, non permette di sfruttare al meglio l'illuminazione naturale.	MALFUNZIONAMENTO DELLE SCHERMATURE
		Riduzione degli effetti di disturbo visivo	La presenza di schermature interne ed esterne mobili in cattivo stato, in buona parte delle aule, non permette di regolare l'ingresso della luce naturale provocando fenomeni di disturbo visivi come abbagliamento e sovraesposizione.	
ANALISI TERMOGRAFICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo della trasmissione di calore attraverso l'involucro	Presenza di ponti termici in corrispondenza dei pilastri, dei solai e degli attacchi fra il telaio dell'infisso e la parete.	PONTI TERMICI (Telaio struttura portante-tompagnature PONTI TERMICI (Telaio infisso-tompagnature)
			Dispersione di calore dalle pareti	DISPERSIONI TERMICHE
			Dispersione di calore dai cassonetti per avvolgibili	
			Dispersione di calore dagli infissi	
			Dispersione di calore dai vetri	
		Controllo della formazione di condensa superficiale	Presenza di condensa superficiale in corrispondenza dei ponti termici.	PRESENZA DI CONDENSA SUPERFICIALE
		Controllo della formazione di umidità di risalita	Dai rilievi termografici si evidenzia la presenza di umidità di risalita negli ambienti posti al piano seminterrato, causati dall'assenza di sistemi di aerazione (scannafosso aerante, intercapedini etc.) e di isolamento termico nel solaio controterra.	PRESENZA DI UMIDITÀ DI RISALITA
ANALISI TERMOIGROMETRICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Temperatura dell'aria in ambienti riscaldati meccanicamente	Le Temperature rilevate con il termo-igrometro nella maggior parte delle aule, nei laboratori, nel teatro e nella palestra sono inferiori a quella ideale di 20° - 22°C, ad eccezione degli uffici amministrativi.	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
		Umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente	L'Umidità relativa rilevata in quasi tutte le aule, negli uffici amministrativi e nei corridoi è inferiore a quella ottimale del 50%. Mentre negli ambienti posti al piano seminterrato è uguale o supera di poco il 50%	
		Ventilazione e qualità dell'aria	Scarsi ricambi d'aria.	INADEGUATEZZA DELL'UTILIZZO DEL CALORE
		Controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti	Il numero di utenti presenti negli ambienti incide sulla temperatura e l'umidità relativa, nel caso specifico il numero di alunni non è omogeneo in tutte le aule. Mentre la palestra, il teatro e i laboratori non sono utilizzati per tutto l'orario didattico per cui la presenza di utenti è saltuaria.	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

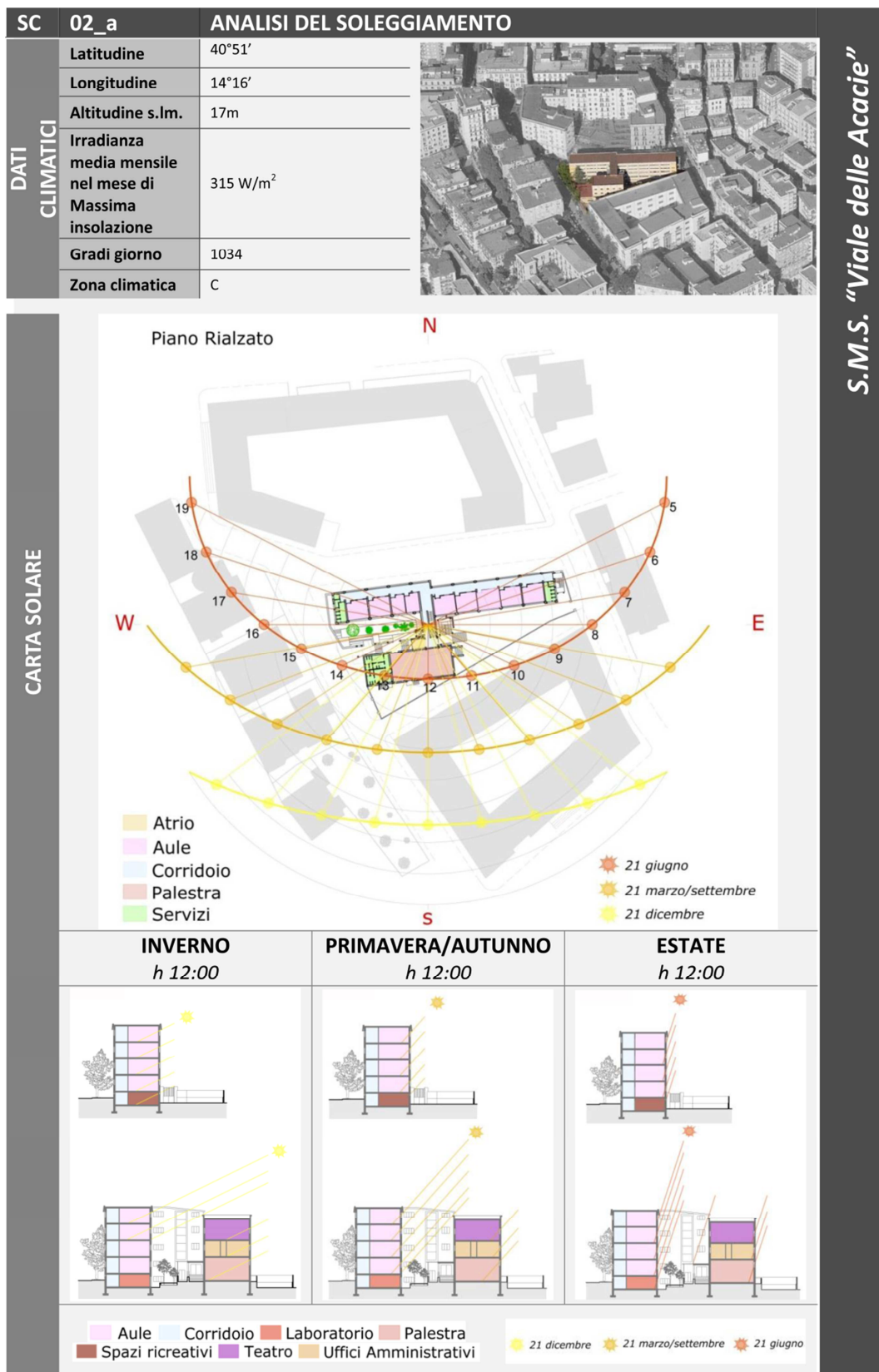
26° c.d. imbriani – PLESSO BORELLI

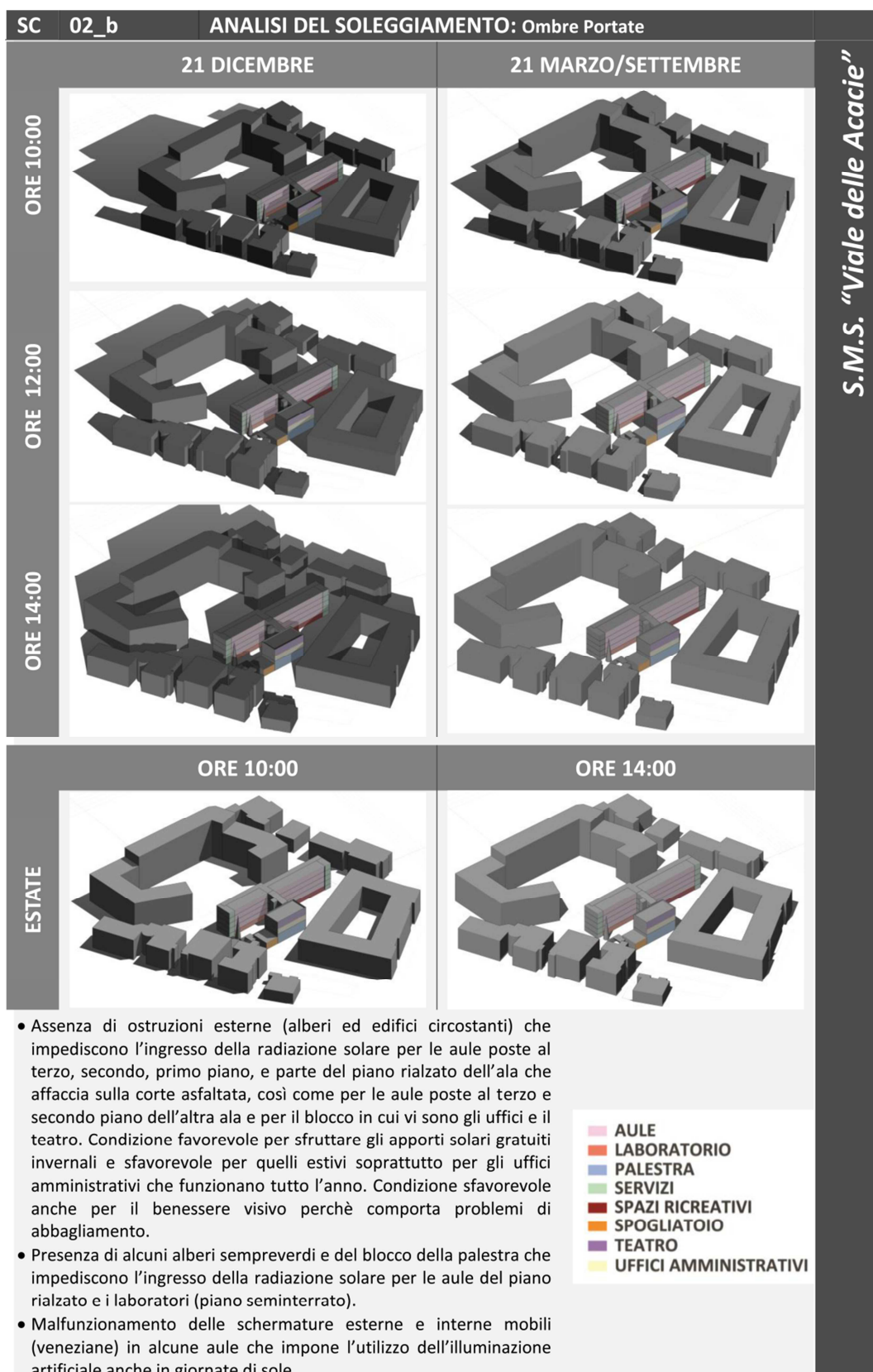
SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI PRESTAZIONI ENERGETICHE	ESIGENZE UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito geometrico e fisico)	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
		Trasmittanza termica dell'involucro edilizio	Non rispondenza dei valori di trasmittanza termica dell'involucro opaco e trasparente a quelli limite previsti dai D.lgs. 59/09 e 311/06	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA
		Inerzia termica dell'edificio	Non rispondenza dei valori di trasmittanza termica periodica dell'involucro opaco a quelli limite previsti dal D.lgs. 59/09.	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA
		Isolamento termico	Assenza di isolamento termico nelle stratigrafie di involucro (Pareti, Solaio controterra e di copertura)	ASSENZA DI ISOLAMENTO TERMICO
	ESIGENZE UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito energetico)	Tenuta all'aria	Assenza di infissi a taglio termico. Elevata permeabilità all'aria	OBSOLESCENZA DEI SERRAMENTI
		Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili o assimilate	La classe energetica F per l'elevato valore di EPI significa elevati consumi energetici dell'edificio.	ELEVATI VALORI DI EPI
			Le lampade utilizzate sono a risparmio energetico CFL	
			Non vi sono sistemi di controllo automatico dell'impianto di illuminazione (fotosensori)	ASSENZA DI SISTEMI ENERGY SAVING
			I Terminali di ogni ambiente sono sprovvisti di valvole termostatiche	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
			L'impianto di riscaldamento non è zonizzato, la distribuzione di calore non avviene in base alle esigenze orarie di riscaldamento nelle diverse parti dell'edificio (aule, uffici, teatro, laboratori, palestra)	
			Il generatore di calore è una caldaia vecchio tipo alimentata a Metano	
			Non vi sono sistemi di Building Automation	
			Non sono installati impianti di solare termico	ASSENZA DI SISTEMI O TECNOLOGIE PER LO SFRUTTAMENTO DI FONTI RINNOVABILI
			Non sono installati impianti fotovoltaici	
ANALISI SPAZI APERTI	IMPATTO SULL' AMBIENTE CIRCOSTANTE	Effetto Isola di calore: spazi aperti	La presenza di vegetazione del 16% (alberi ad alto fusto sempreverdi e prato incolto di un'aiuola) rispetto alla totalità dell'area esterna, pur creando ombra alla pavimentazione e a parte della parete sud-est (in corrispondenza degli uffici amministrativi e di alcune aule poste al primo piano) e pur mitigando la temperatura dell'aria esterna attraverso l'evapotraspirazione, non è sufficiente a ridurre l'effetto isola di calore.	PRESENZA DI VEGETAZIONE < 25%
			TEMPERATURE SUPERFICI VERTICALI	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE NELLE AREE ESTERNE
			esposte a radiazione solare	
			non esposte a radiazione solare (ombra degli alberi)	
			Piastrelle 43,6°C	
			Marmo 38,5°C	
			Infissi 44,1°C	
			Vetro 36,8°C	
			I materiali utilizzati per la pavimentazione degli spazi esterni (asfalto, betonelle in c.a., piastrelle) raggiungono, nei mesi estivi, temperature elevate (come si evince dai rilievi delle temperature), con conseguente aumento della temperatura ambiente nelle area urbana circostante.	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE IN COPERTURA
		Effetto Isola di calore: coperture	La copertura rivestita con guaina (materiale scuro non riflettente) raggiunge nel periodo estivo temperature di circa 60°C, contribuendo alla formazione dell'effetto isola di calore. Il calore del sole viene assorbito e poi irradiato nelle aree circostanti, innalzando la temperatura ambiente esterna.	
	ACQUE REFLUE	Permeabilità del suolo	Sulla totalità delle superfici l'84 % è costituita da materiali impermeabili che non consentono di drenare e raccogliere l'acqua meteorica	SCARSA PERMEABILITÀ DELLE AREE ESTERNE DI PERTINENZA

26° c.d. imbriani – PLESSO BORELLI

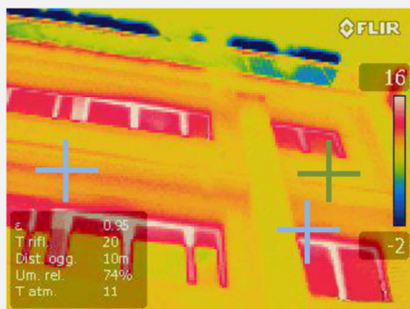
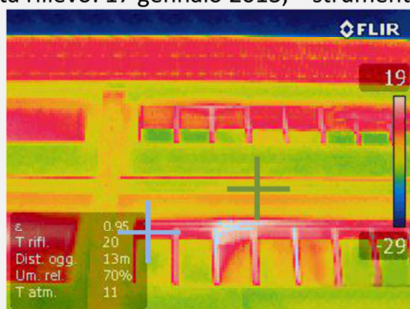
SC	01	DATI GENERALI	
DATI IDENTIFICATIVI	Sedi scolastiche ospitate nell'edificio	Secondaria di 1° grado	Cod. MIUR: NAMM607002
	Indirizzo	Via G. Puccini	
	Municipalità	5 – Vomero, Arenella	
	Data di costruzione	1946 - 1960	
	Data di ultima manutenzione	1998 (Restauro integrato)	
	Schema distributivo	Aula-corridoio	
	Tipologia dell'edificio	Blocco accorpato	
			
			
			
DATI OCCUPAZIONE SUOLO	Sup. Tot. area scolastica	Mq 2177	
	Sup. Tot. spazio aperto	Mq 979	
	Sup. coperta dell'edificio	Mq 1198	
	Sup. utile dell'edificio	Mq 3752,65	
	Volume lordo dell'edificio	Mc 12339	
	N° Piani	5 (4 piani fuori terra, 1 seminterrato)	
			
S.M.S. "Viale delle Acacie"			
CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE			
SISTEMA COSTRUTTIVO	Struttura	Telaio in c.a.	
	Chiusura esterna	Muratura monostrato in blocchi di lapilcimento, rivestimento esterno costituito da intonaco.	
	Infissi esterni	Serramenti in alluminio a doppio vetro, con apertura a battente e, solo in corrispondenza delle aule, presenza di veneziane esterne o interne.	
	Coperture	Copertura piana in laterocemento con guaina esterna a vista, non praticabile.	
	Solai	Solai intermedi in laterocemento con travetti prefabbricati. In alcune aule il solaio presenta un controsoffitto. Solaio controterra privo di intercapedine aerata.	
	Impianti	Impianto di riscaldamento costituito da caldaia alimentata a gas metano e radiatori come terminali in ambiente. Non sono presenti impianti di ventilazione e raffrescamento, eccetto per gli uffici amministrativi in cui è presente un impianto di climatizzazione	

S.M.S. "Viale delle Acacie"





Data rilievo: 17 gennaio 2013, strumento utilizzato: termocamera

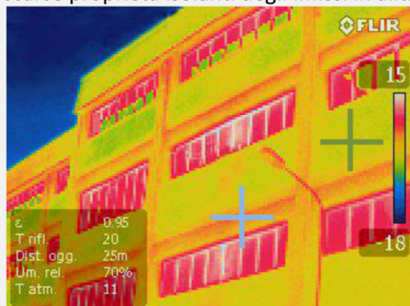


PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
SUD-EST	1544,6 mq	430,7 mq	1113,9 mq	28 %

Ponti termici (puntatore azzurro) in corrispondenza dei pilastri aggettanti, delle travi marcapiano, dell'attacco infisso-parete, dispersioni di calore dalla parete (puntatore verde), dai vetri e dagli infissi.

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico,
2. scarse proprietà isolanti degli infissi in alluminio.



PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
NORD-OVEST	1381,1 mq	274,9 mq	1106,2 mq	20 %

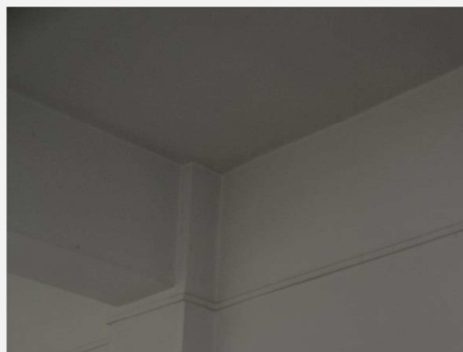
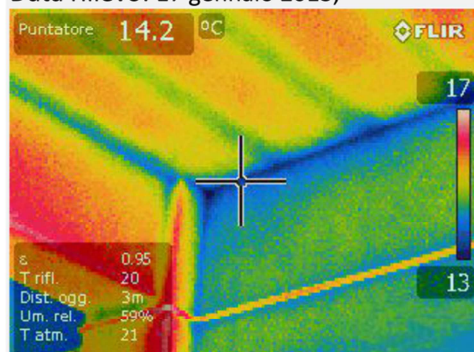
Ponti termici (puntatore azzurro) in corrispondenza dei pilastri aggettanti, delle travi marcapiano, dell'attacco infisso-parete, dispersioni di calore dalle pareti (puntatore verde), dai vetri e dagli infissi.

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico,
2. scarse proprietà isolanti degli infissi in alluminio e dei vetri

	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
PROSPETTO SUD-OVEST	512,7 mq	48,9 mq	463,8 mq	10 % mq
PROSPETTO NORD-EST	519,6 mq	68,4 mq	451,2 mq	13 %

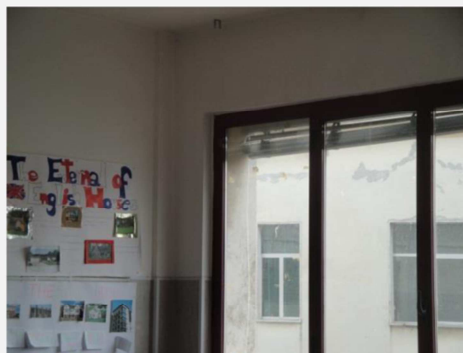
Data rilievo: 17 gennaio 2013,



Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di condensa (colorazione blu scuro) generata da un ponte termico nell'attacco fra il solaio e la parete, è, inoltre, ben visibile l'orditura dei travetti del solaio.

CAUSE:

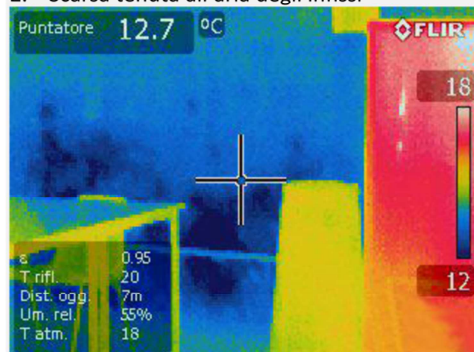
1. Assenza di isolamento termico



Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di un ponte termico (colorazione blu scuro) in corrispondenza dell'attacco fra il telaio dell'infisso e la parete, ed infiltrazione d'aria

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico
2. Scarsa tenuta all'aria degli infissi



Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di umidità di risalita (colorazione blu)

CAUSE:

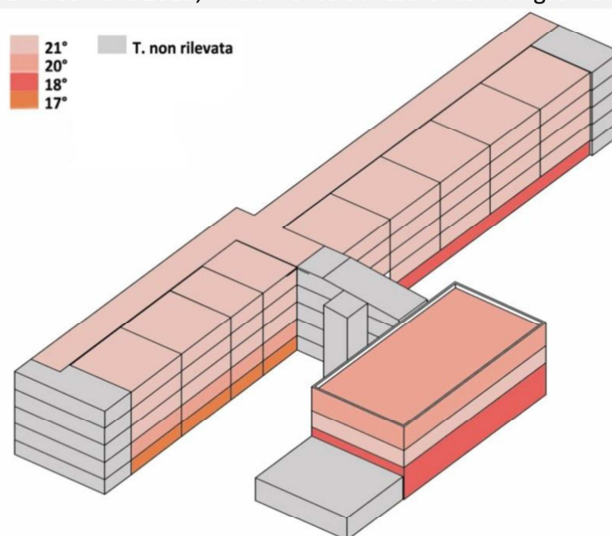
1. Assenza di isolamento delle murature e del solaio controterra
2. Assenza di sistemi di aerazione (scannafosso aerante, intercapedini etc.)

SUPERFICIE DISPERDENTE

(Chiusure verticali opache-trasparenti copertura e solaio controterra)

6146,2 m²

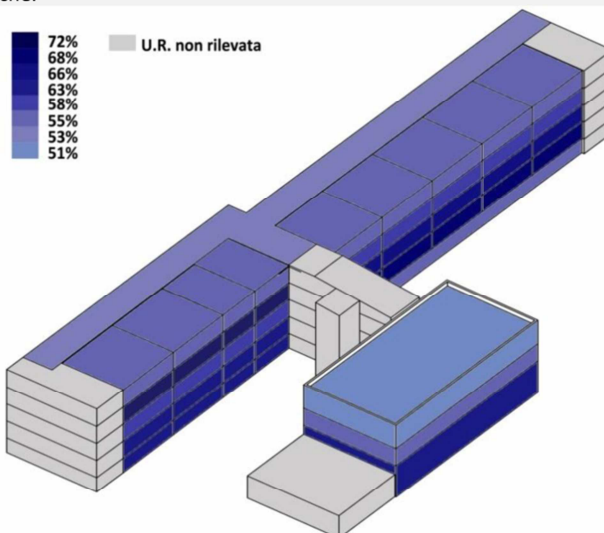
Data rilievo: 17 dicembre 2013, strumento utilizzato: termo-igrometro



In tutti i locali, ad eccezione del corridoio al piano rialzato, della palestra situata al piano terra, dei laboratori e degli spazi ricreativi posti al piano seminterrato, la temperatura raggiunge quella ideale di 20°-21°. Nonostante la temperatura ideale rilevata, nella maggior parte delle aule per l'eccessivo calore percepito si tende a mantenere le finestre aperte anche durante l'ora di lezione, generando così una dispersione di calore all'esterno.

CAUSE:

1. Posizione ed esposizione delle aule
2. Numero di occupanti
3. Presenza di alcuni alberi di piccolo fusto sempreverdi e di alcuni edifici che, facendo ombra, impediscono l'ingresso dei raggi solari invernali attraverso le superfici vetrate sfavorendo l'apporto solare gratuito, soprattutto ai locali posti ai piani bassi
4. Inadeguatezza della regolazione dell'impianto di riscaldamento, i terminali non sono dotati di valvole termostatiche.



In quasi tutti gli ambienti l'umidità relativa supera quella ideale del 50%.

CAUSE:

1. Numero di occupanti
2. Numero ricambi d'aria
3. Problemi di umidità di risalita

SC

05


ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE


CARATTERISTICHE TERMOFISICHE


	TRASMITTANZA TERMICA U (W/m²K)	TRASMITTANZA TERMICA LIMITE PER EDIFICI PUBBLICI U Limite (W/m²K) (ridotti del 10% secondo il D.lgs. 311 e D.Lsg. 59/09)
COPERTURA	0,87 con controsoffitto 1,15 senza controsoffitto	0,34
CHIUSURE OPACHE VERTICALI	1,23	0,36
SOLAIO CONTRO TERRA O VERSO LOCALI NON RISCALDATI O ESTERNO	0,83	0,38
CHIUSURE TRASPARENTI	3,88	2,34
	TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA* Ψie (W/m²K)	TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA LIMITE Ψie Limite (W/m²K)
COPERTURA	0,45	0,20
CHIUSURE OPACHE VERTICALI	0,19	0,12
*Calcolo non obbligatorio per gli edifici scolastici secondo D.Lsg. 59/09		

ENERGIA PRIMARIA

EPI Limite di progetto*	7,6 Kwh/m³anno
EPI - energia primaria per il riscaldamento invernale	27,57 Kwh/m³anno
CLASSE ENERGETICA	G
*Calcolato in funzione della zona climatica (C), dei gradi giorno del sito di progetto (1034) e del rapporto di forma dell'edificio (Sd/V = 0,50)	

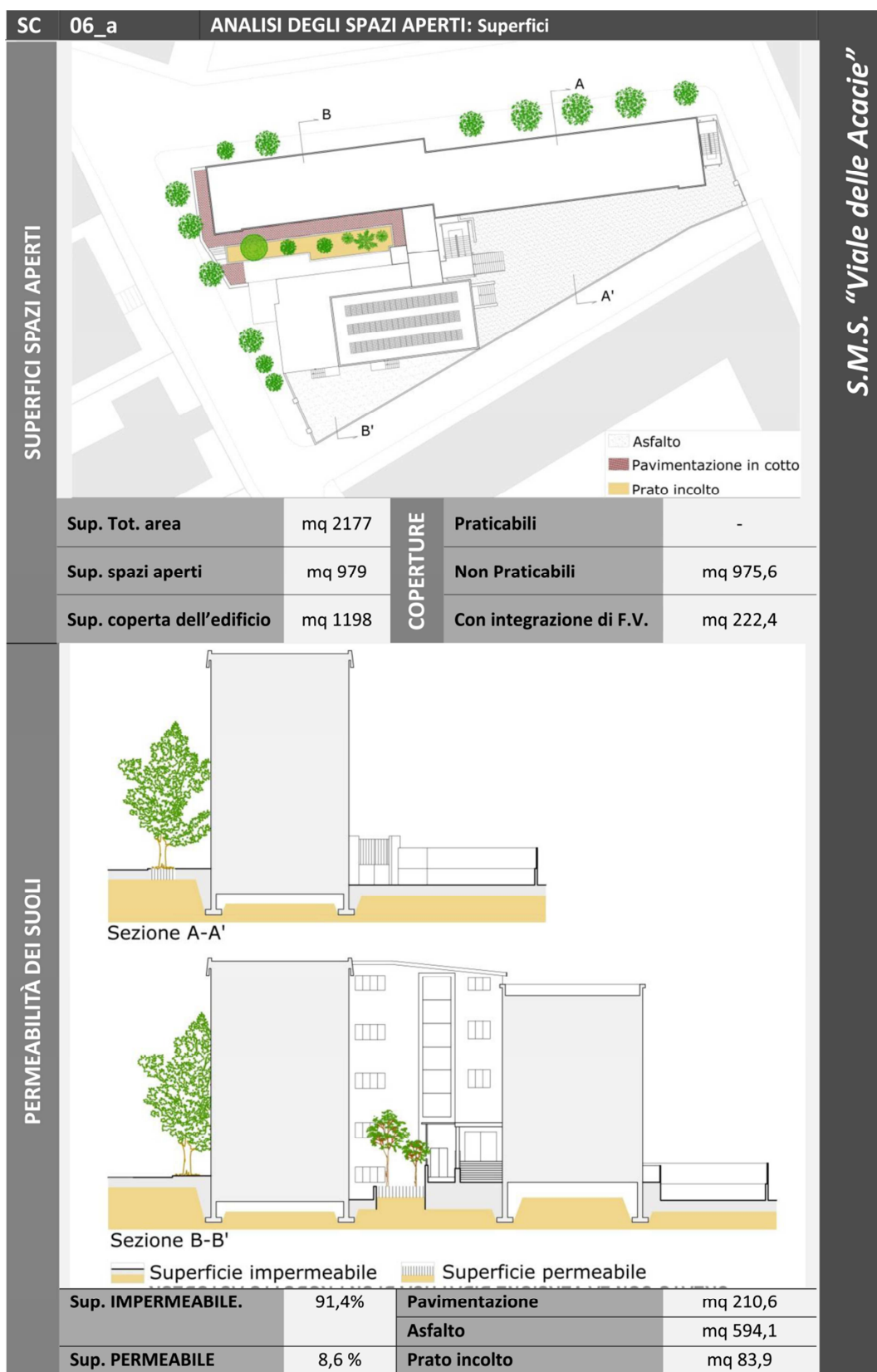









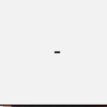

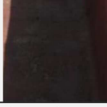




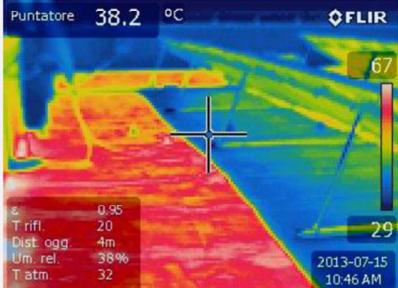



Presenza di lampade al neon in tutte le aule, gli apparecchi illuminanti non sono dotati di sistemi schermanti per evitare il fenomeno di abbagliamento da sorgenti artificiali. Terminali sprovvisti di valvole termostatiche.

S.M.S. "Viale delle Acacie"



S.M.S. "Viale delle Acacie"

SC	06_b ANALISI DEGLI SPAZI APERTI: rilievo termoigrometrico e termografico					
TEMPERATURE SUPERFICI	Data rilievo: 03 luglio 2013					
	SUP. ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE			SUP. NON ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE		
	Prato Terreno	27,3°C 33,0°C		Prato Terreno	- 27,0°C	
	Pavimentazione in cotto	36,8°C		Pavimentazione in cotto (O. AL.)* (O. TP.)*	26,4°C 27,7°C	
	Asfalto	58,9°C		Asfalto	- -	
	Guaina	64,1°C		Guaina (O. CT.)* (O. PF.)*	33,5°C 40,0°C	
*O. AL. (Ombra albero) O.CT. (Ombra Cordolo Tetto) O. PF (Ombra Pannello Fotovoltaico) O. TP (Ombra Tettoia in Plexiglass)						
ZONA ASFALTATA						
Tatm 32°C						
Urel 39%						
ZONA ALBERATA						
Tatm 28°C						
Urel 47%						
COPERTURA						
Tatm 32°C						
Urel 38%						

S.M.S. "Viale delle Acacie"



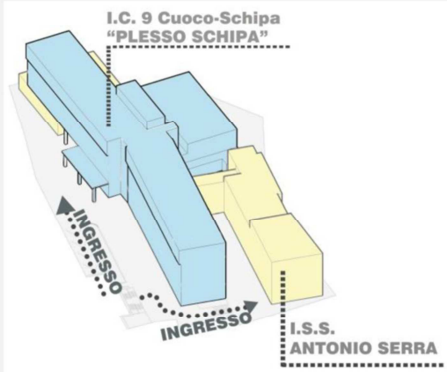
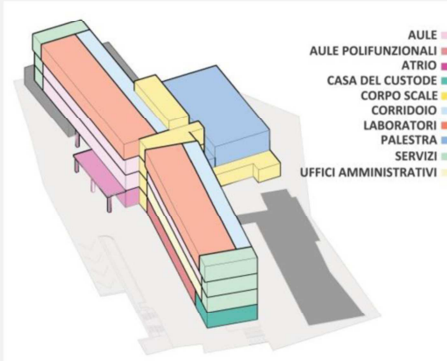
S.M.S. "Viale delle Acacie"

SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI SOLEGGIAMENTO	ESIGENZE	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
	BENESSERE TERMICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del fattore solare	Le ombre portate degli edifici circostanti, per la loro distanza dall'edificio scolastico, non limitano l'irraggiamento solare diretto ai piani alti della facciata a sud-est in cui si trovano le aule e al blocco in cui si trovano gli uffici e il teatro.	PRESENZA DI ALBERI SEMPREVERDI
			La presenza di alcuni alberi sempreverdi non consente di sfruttare gli apporti solari gratuiti invernali nelle aule poste al piano rialzato e nei laboratori del seminterrato, è utile, invece, a ridurre gli apporti solari estivi.	
			La presenza di schermature interne ed esterne mobili in cattivo stato, in alcune aule, non consente di sfruttare al meglio gli apporti solari gratuiti invernali.	
	BENESSERE VISIVO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del flusso luminoso	La presenza di schermature interne ed esterne mobili in cattivo stato, in alcune aule, non permette di sfruttare al meglio l'illuminazione naturale.	MALFUNZIONAMENTO DELLE SCHERMATURE
		Riduzione degli effetti di disturbo visivo	La presenza di schermature interne ed esterne mobili in cattivo stato, in alcune aule, non permette di regolare l'ingresso della luce naturale provocando fenomeni di disturbo visivi come abbagliamento e sovraesposizione.	
ANALISI TERMOGRAFICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo della trasmissione di calore attraverso l'involucro	Presenza di ponti termici in corrispondenza dei pilastri aggettanti, delle travi marcapiano, dei solai e degli attacchi fra il telaio dell'infisso e la parete.	PONTI TERMICI (Telaio struttura portante-tompagnature) PONTI TERMICI (Telaio infisso-tompagnature)
			Dispersione di calore dalle pareti	DISPERSIONI TERMICHE
			Dispersione di calore dagli infissi	
			Dispersione di calore dai vetri	PRESENZA DI CONDENZA SUPERFICIALE
		Controllo della formazione di condensa superficiale	Presenza di condensa superficiale in corrispondenza dei ponti termici.	
ANALISI TERMOIGROMETRICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Temperatura dell'aria in ambienti riscaldati meccanicamente	Le Temperature rilevate in tutti i locali, ad eccezione del corridoio al piano rialzato, della palestra situata al piano terra, dei laboratori e degli spazi ricreativi posti al piano seminterrato, raggiungono quella ideale di 20°-21°. Nonostante ciò, nella maggior parte delle aule per l'eccessivo calore percepito si è costretti a tenere le finestre aperte, generando così una dispersione di calore all'esterno	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
		Umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente	L'Umidità relativa rilevata in tutti gli ambienti supera quella ottimale del 50%.	
		Ventilazione e qualità dell'aria	Eccessivi ricambi d'aria, soprattutto nelle aule poste ai piani superiori e più affollate. Scarsi ricambi d'aria negli altri ambienti.	INADEGUATEZZA DELL'UTILIZZO DEL CALORE
		Controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti	Il numero di alunni presenti nelle aule è omogeneo e piuttosto elevato rispetto alla loro dimensione. Mentre la palestra, il teatro i laboratori e gli spazi ricreativi non sono utilizzati per tutto l'orario didattico per cui la presenza di utenti è saltuaria.	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

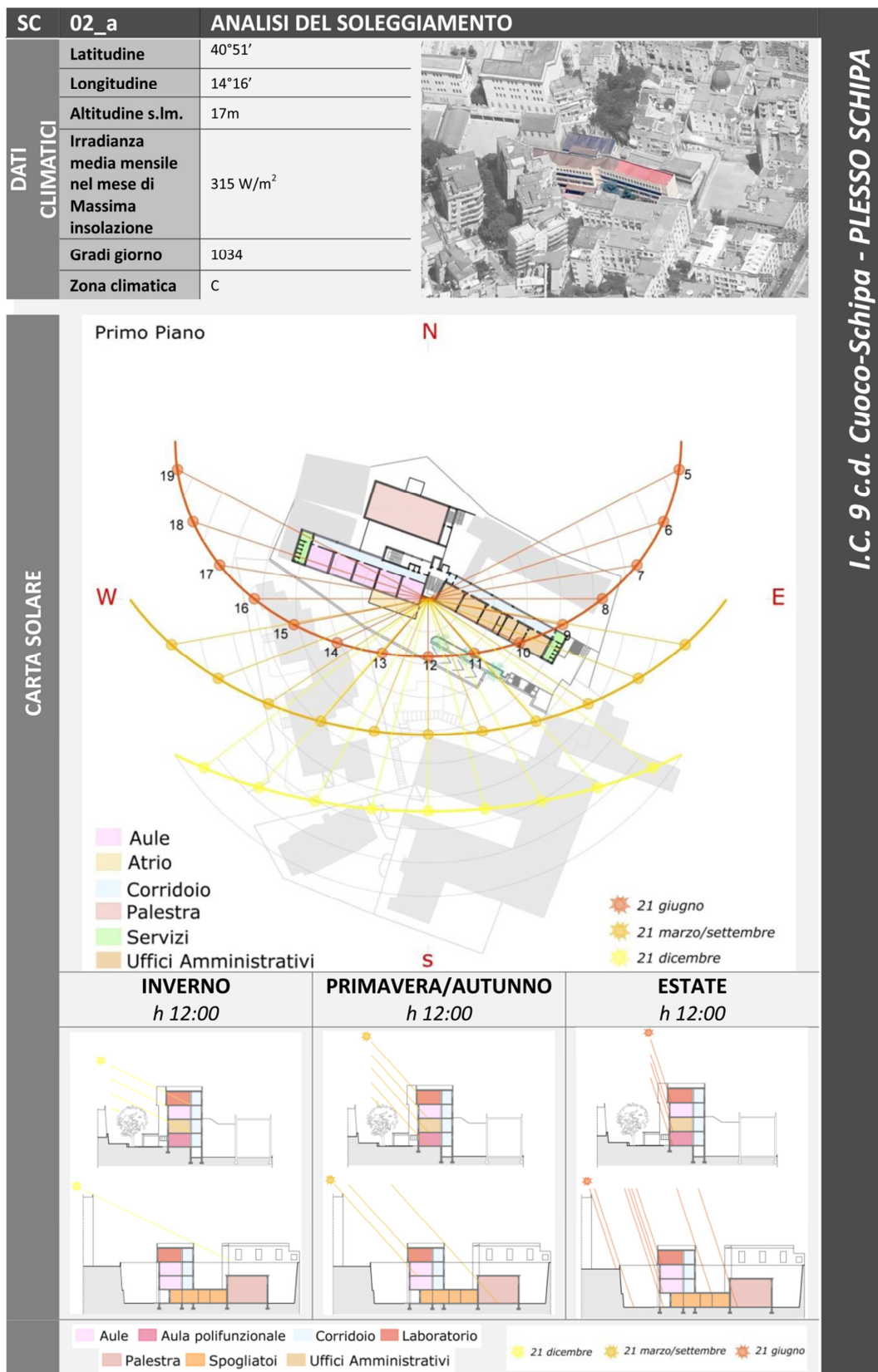
S.M.S. "Viale delle Acacie"

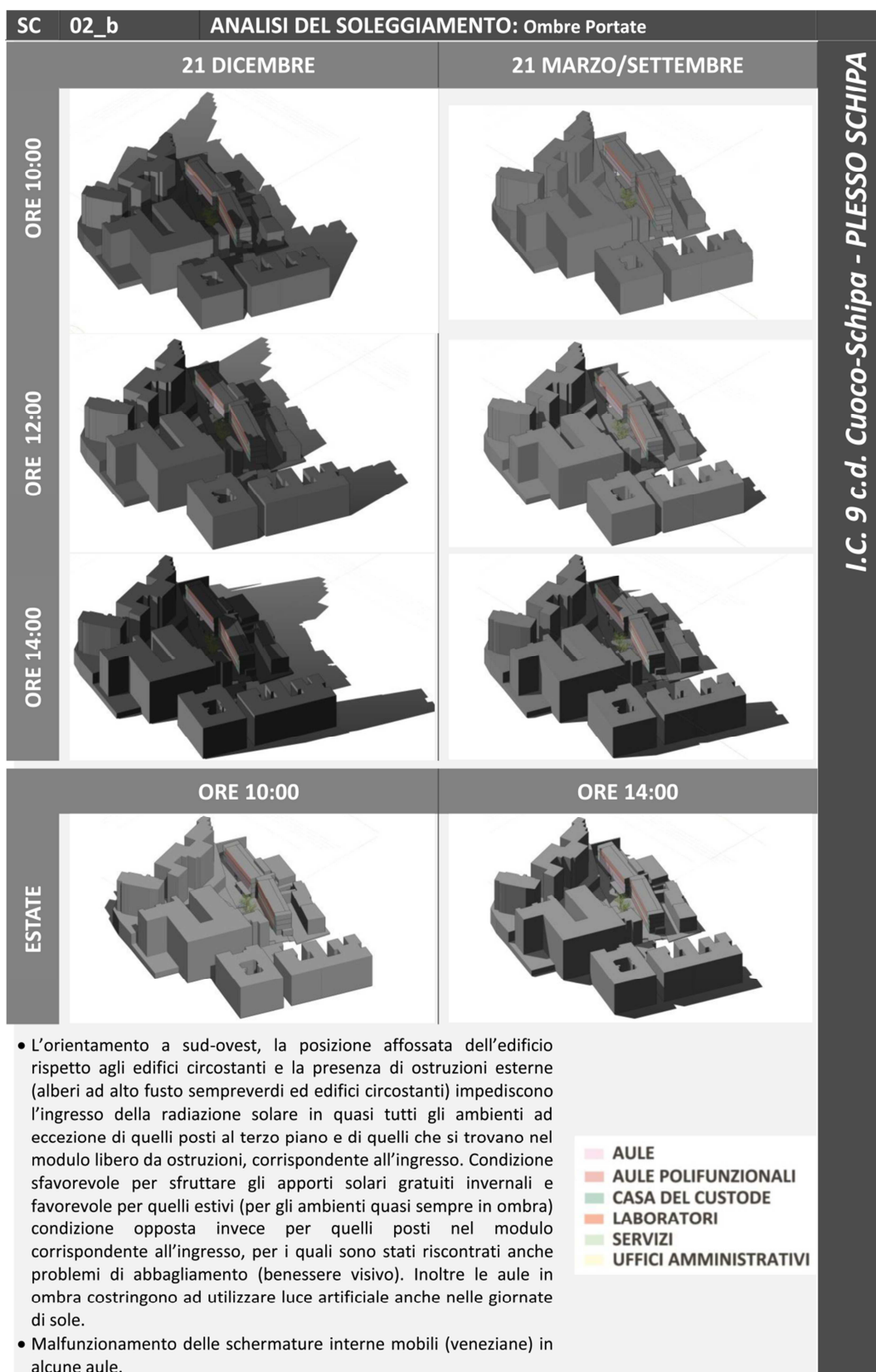
SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI PRESTAZIONI ENERGETICHE	ESIGENZE	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito geometrico e fisico)	Trasmittanza termica dell'involucro edilizio	Non rispondenza dei valori di trasmittanza termica dell'involucro opaco e trasparente a quelli limite previsti dai D.lgs. 59/09 e 311/06	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA
		Inerzia termica dell'edificio	Non rispondenza dei valori di trasmittanza termica periodica dell'involucro opaco a quelli limite previsti dal D.lgs. 59/09.	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA
		Isolamento termico	Assenza di isolamento termico nelle stratigrafie di involucro (Pareti, Solaio controterra e di copertura)	ASSENZA DI ISOLAMENTO TERMICO
		Tenuta all'aria	Assenza di infissi a taglio termico. Elevata permeabilità all'aria	OBSOLESCENZA DEI SERRAMENTI
	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito energetico)	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili o assimilate	La classe energetica G per l'elevato valore di EPI significa elevati consumi energetici dell'edificio. Le lampade utilizzate sono al neon	ELEVATI VALORI DI EPI
			Non vi sono sistemi di controllo automatico dell'impianto di illuminazione (fotosensori)	ASSENZA DI SISTEMI ENERGY SAVING
			I Terminali di ogni ambiente sono sprovvisti di valvole termostatiche	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
			L'impianto di riscaldamento non è zonizzato, la distribuzione di calore non avviene in base alle esigenze orarie di riscaldamento nelle diverse parti dell'edificio (aule, uffici, teatro, laboratori, palestra, etc.)	
			Il generatore di calore è una caldaia vecchio tipo alimentata a Metano	
			Non vi sono sistemi di Building Automation	
			Non sono installati impianti di solare termico	ASSENZA DI SISTEMI O TECNOLOGIE PER LO SFRUTTAMENTO DI FONTI RINNOVABILI
			Non sono installati impianti fotovoltaici	
ANALISI SPAZI APERTI	IMPATTO SULL' AMBIENTE CIRCOSTANTE	Effetto Isola di calore: spazi aperti	La presenza di vegetazione di circa il 9% (alcuni alberi e prato incolto di un'aiuola) rispetto alla totalità dell'area esterna, pur creando ombra alla pavimentazione e a parte della parete sud-est (in corrispondenza delle aule al piano rialzato e dei laboratori al piano seminterrato) e pur mitigando la temperatura dell'aria esterna attraverso l'evapotraspirazione, non è sufficiente a ridurre l'effetto isola di calore.	PRESENZA DI VEGETAZIONE < 25%
			TEMPERATURE SUPERFICI VERTICALI	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE NELLE AREE ESTERNE
			esposte a radiazione solare	
			non esposte a radiazione solare (ombra degli alberi)	
			Intonaco	
			Marmo	
			Infissi	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE IN COPERTURA
			Vetro	
			I materiali utilizzati per la pavimentazione degli spazi esterni (asfalto, piastrelle) raggiungono, nei mesi estivi, temperature elevate (come si evince dai rilievi delle temperature), con conseguente aumento della temperatura ambiente nelle area urbana circostante.	
		Effetto Isola di calore: coperture	La copertura rivestita con guaina (materiale scuro non riflettente) raggiunge nel periodo estivo temperature di circa 60°C, contribuendo alla formazione dell'effetto isola di calore. Il calore del sole viene assorbito e poi irradiato nelle aree circostanti, innalzando la temperatura ambiente esterna.	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE IN COPERTURA
	ACQUE REFLUE	Permeabilità del suolo	Sulla totalità delle superfici circa il 91% è costituita da materiali impermeabili che non consentono di drenare e raccogliere l'acqua meteorica	SCARSA PERMEABILITÀ DELLE AREE ESTERNE DI PERTINENZA

S.M.S. "Viale delle Acacie"

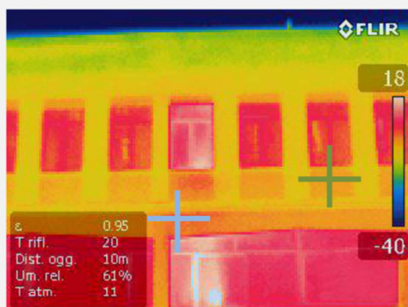
SC	01	DATI GENERALI	
DATI IDENTIFICATIVI	Sedi scolastiche ospitate nell'edificio	Secondaria di 1° grado	Cod. MIUR: NAMM8A8017
	Indirizzo	Vico Troise al Corso Vittorio Emanuele, 456	
	Municipalità	2 - Avvocata, Montecalvario, Mercato, Pendino, Porto, S. Giuseppe	
	Data di costruzione	1950	
	Data di ultima manutenzione	2002 (Ristrutturazione)	
	Schema distributivo	Aula-corridoio	
	Tipologia dell'edificio	Blocco accorpato	
			
			
			
DATI OCCUPAZIONE SUOLO	Sup. Tot. area scolastica	Mq 2985	
	Sup. Tot. spazio aperto	Mq 1735	
	Sup. coperta dell'edificio	Mq 1250	
	Sup. utile dell'edificio	Mq 4188	
	Volume lordo dell'edificio	Mc 16800	
	N° Piani	4 (fuori terra)	
			
CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE			
SISTEMA COSTRUTTIVO	Struttura	Telaio in c.a.	
	Chiusura esterna	Muratura monostrato in blocchi di lapilcimento, rivestimento esterno costituito da intonaco.	
	Infissi esterni	Serramenti in alluminio a vetro singolo, con apertura a battente nei laboratori e apertura scorrevole negli uffici amministrativi, nelle aule didattiche e nelle aule polifunzionali. Presenza di veneziane interne.	
	Coperture	Copertura piana in laterocemento con guaina esterna a vista, non praticabile.	
	Solai	Solai intermedi in laterocemento con travetti prefabbricati senza controsoffittatura. Solaio controterra privo di intercapedine aerata.	
	Impianti	Impianto di riscaldamento costituito da caldaia alimentata a gas metano e radiatori come terminali in ambiente. Non sono presenti impianti di ventilazione e raffrescamento, eccetto per gli uffici amministrativi in cui è presente un impianto di climatizzazione	

I.C. 9 c.d. Cuoco-Schipa - PLESSO SCHIPA





Data rilievo: 19 dicembre 2012, strumento utilizzato: termocamera

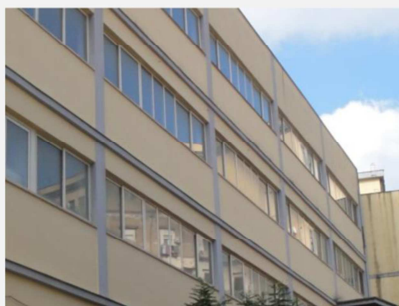
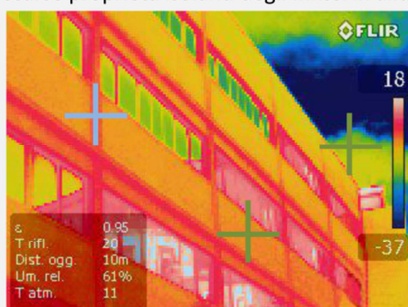


PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
SUD-OVEST	1242,24 mq	519,22 mq	723,02 mq	42 %

Ponti termici (puntatore azzurro) in corrispondenza dei solai, delle travi marcapiano, dell'attacco infisso-parete, dispersioni di calore dalla parete (puntatore verde), dai vetri e dagli infissi.

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico,
2. scarse proprietà isolanti degli infissi in alluminio e dei vetri.



PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
NORD-EST	1525,14 mq	681,43 mq	843,71 mq	45 %

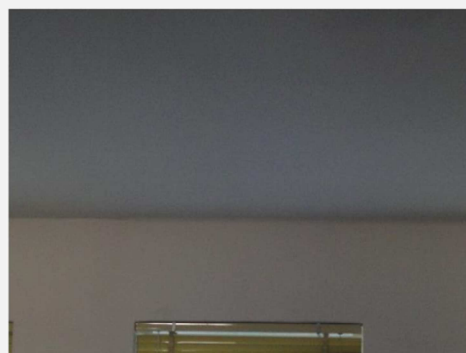
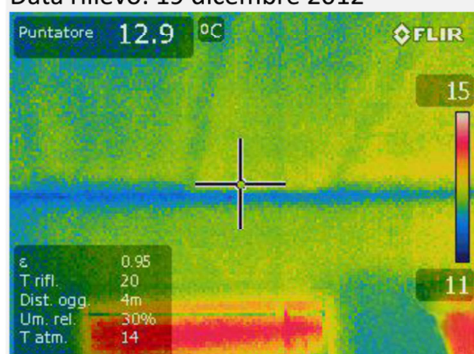
Ponti termici (puntatore azzurro) in corrispondenza delle travi marcapiano, dell'attacco infisso-parete, dispersioni di calore dalle pareti (puntatore verde), dai vetri e dagli infissi.

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico,
2. scarse proprietà isolanti degli infissi in alluminio e dei vetri

PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
SUD-EST	280,57 mq	64,42 mq	216,15 mq	23 %
NORD-OVEST	158,65 mq	62,79 mq	95,86 mq	39 %

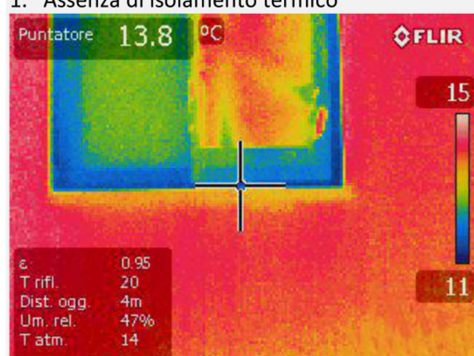
Data rilievo: 19 dicembre 2012



Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di condensa (colorazione blu scuro) generata da un ponte termico nell'attacco fra il solaio e la parete, sono poco leggibili i travetti del solaio.

CAUSE

1. Assenza di isolamento termico

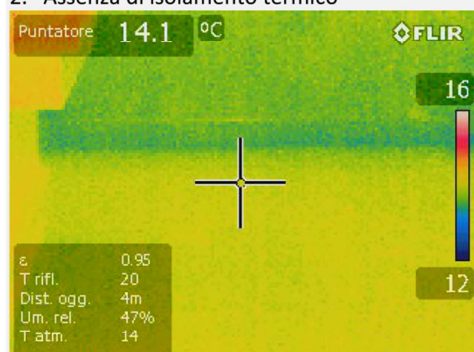


Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di un ponte termico (colorazione blu scuro) in corrispondenza dell'attacco fra il telaio dell'infisso e la parete, ed infiltrazione d'aria

CAUSE:

1. Scarsa tenuta all'aria degli infissi

2. Assenza di isolamento termico



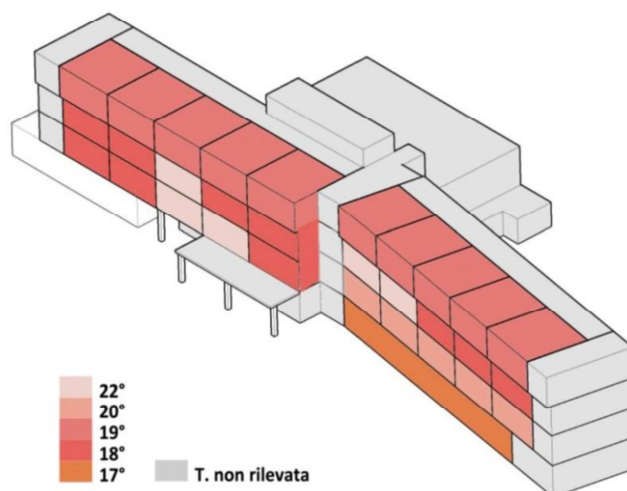
Dall'immagine termografica non si evidenzia la presenza di umidità di risalita (colorazione blu).

SUPERFICIE DISPERDENTE

(Chiusure verticali opache-trasparenti
copertura e solaio controterra)

5656,5 m²

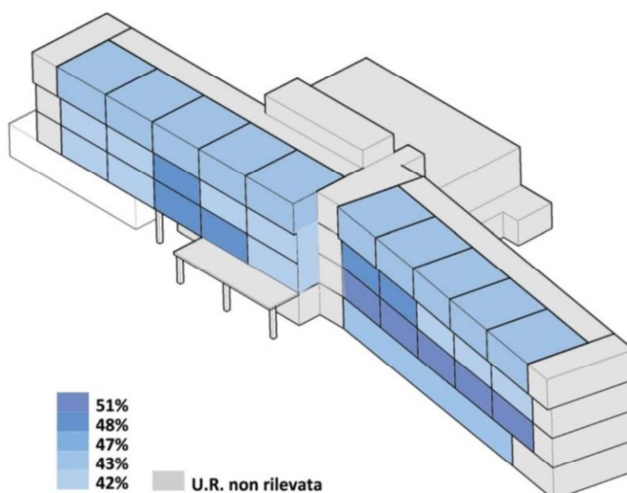
Data rilievo: 19 dicembre 2012, strumento utilizzato: termo-igrometro



In quasi tutte le aule la temperatura rilevata oscilla tra i 19° e i 22° ad eccezione dei laboratori al piano terra e di alcune aule poste al primo e secondo piano in cui è stata rilevata una temperatura di 17° e 18°. Nelle aule con temperatura ideale compresa tra i 20°-22°, per l'eccessivo calore percepito, si tende a mantenere le finestre aperte anche durante l'ora di lezione, generando così una dispersione di calore all'esterno.

CAUSE:

1. Posizione della scuola affossata
2. Posizione ed esposizione delle aule
3. Numero di occupanti
4. Presenza di alcuni alberi ad alto fusto sempreverdi e di alcuni edifici che, facendo ombra, impediscono l'ingresso dei raggi solari invernali attraverso le superfici vetrate sfavorendo l'apporto solare gratuito
5. Inadeguatezza della regolazione dell'impianto di riscaldamento, i terminali non sono dotati di valvole termostatiche.





In tutti gli ambienti, ad eccezione degli uffici amministrativi, l'umidità relativa è inferiore a quella ideale del 50%.

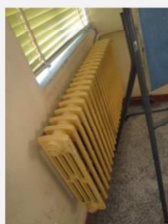
CAUSE:

1. Numero di occupanti
2. Numero ricambi d'aria

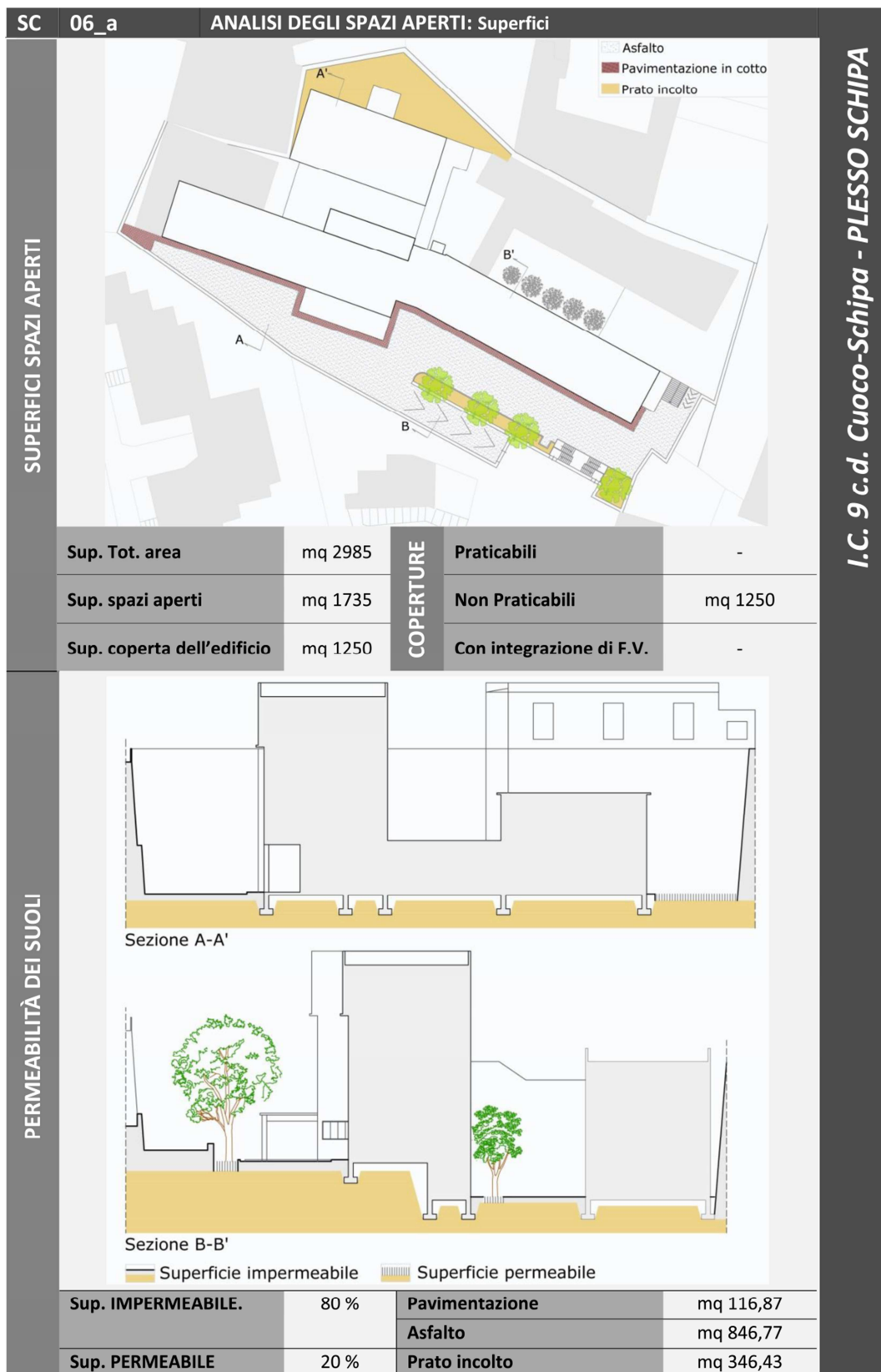
SC	05	ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE	
CARATTERISTICHE TERMOFISICHE		TRASMITTANZA TERMICA U (W/m²K)	TRASMITTANZA TERMICA LIMITE PER EDIFICI PUBBLICI U Limite (W/m²K) (ridotti del 10% secondo il D.lgs. 311 e D.Lsg. 59/09)
	COPERTURA	1,15 senza controsoffitto	0,34
	CHIUSURE OPACHE VERTICALI	1,23	0,36
	SOLAIO CONTRO TERRA O VERSO LOCALI NON RISCALDATI O ESTERNO	0,83	0,38
	CHIUSURE TRASPARENTI	5,96	2,34
		TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA* Ψie (W/m²K)	TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA LIMITE Ψie Limite (W/m²K)
	COPERTURA	0,45	0,20
	CHIUSURE OPACHE VERTICALI	0,19	0,12
*Calcolo non obbligatorio per gli edifici scolastici secondo D.Lsg. 59/09			
ENERGIA PRIMARIA	EPI Limite di progetto*	5,6 Kwh/m³anno	
	EPI - energia primaria per il riscaldamento invernale	27,73 Kwh/m³anno	
	CLASSE ENERGETICA	G	
	*Calcolato in funzione della zona climatica (C), dei gradi giorno del sito di progetto (1034) e del rapporto di forma dell'edificio (Sd/V = 0,34)		

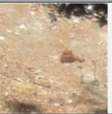




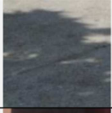




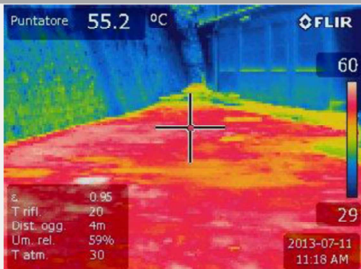

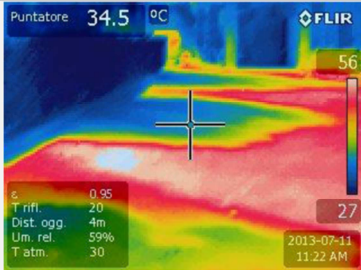

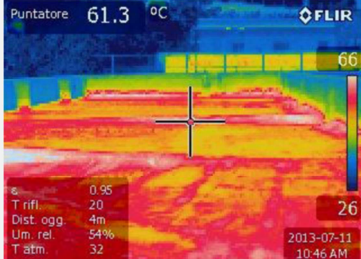







Presenza di lampade al neon in tutte le aule, gli apparecchi illuminanti non sono dotati di sistemi schermanti per evitare il fenomeno di abbagliamento da sorgenti artificiali. Terminali sprovvisti di valvole termostatiche.





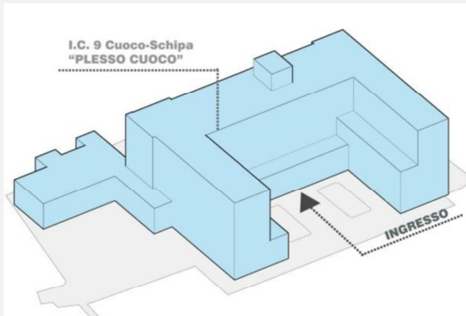
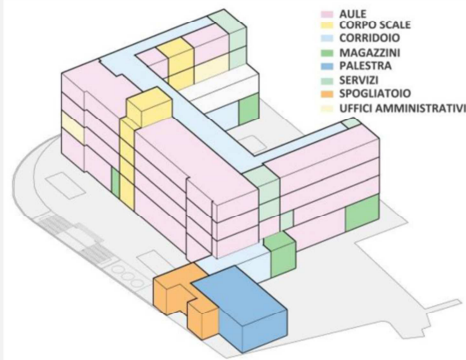
SC	06_b	ANALISI DEGLI SPAZI APERTI: rilievo termoigrometrico e termografico			
TEMPERATURE SUPERFICI	Data rilievo: 11 luglio 2013				
	SUP. ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE			SUP. NON ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE	
	Terreno	35,7° C		Terreno	28,5° C 
	Pavimentazione in cotto	53,7° C		Pavimentazione in cotto (O. TC.)*	32,8° C 
	Asfalto	55,6° C		Asfalto (O. AL.)*	33,9° C 
	Guaina (rossa)	60° C		Guaina (rossa) (O. CT.)*	34,5° C 
Guaina (nera)	70° C		Guaina (nera) (O. CT.)*	34,6° C 	
*O. AL. (Ombra albero) O.CT. (Ombra Cordolo Tetto) O. TP (Ombra Tettola in Cemento)					
ZONA ASFALTATA					
Tatm 30° C					
Urel 59%					
					
ZONA ALBERATA					
Tatm 30° C					
Urel 59%					
					
COPERTURA					
Tatm 32° C					
Urel 54%					
					

I.C. 9 c.d. Cuoco-Schipa - PLESSO SCHIPA

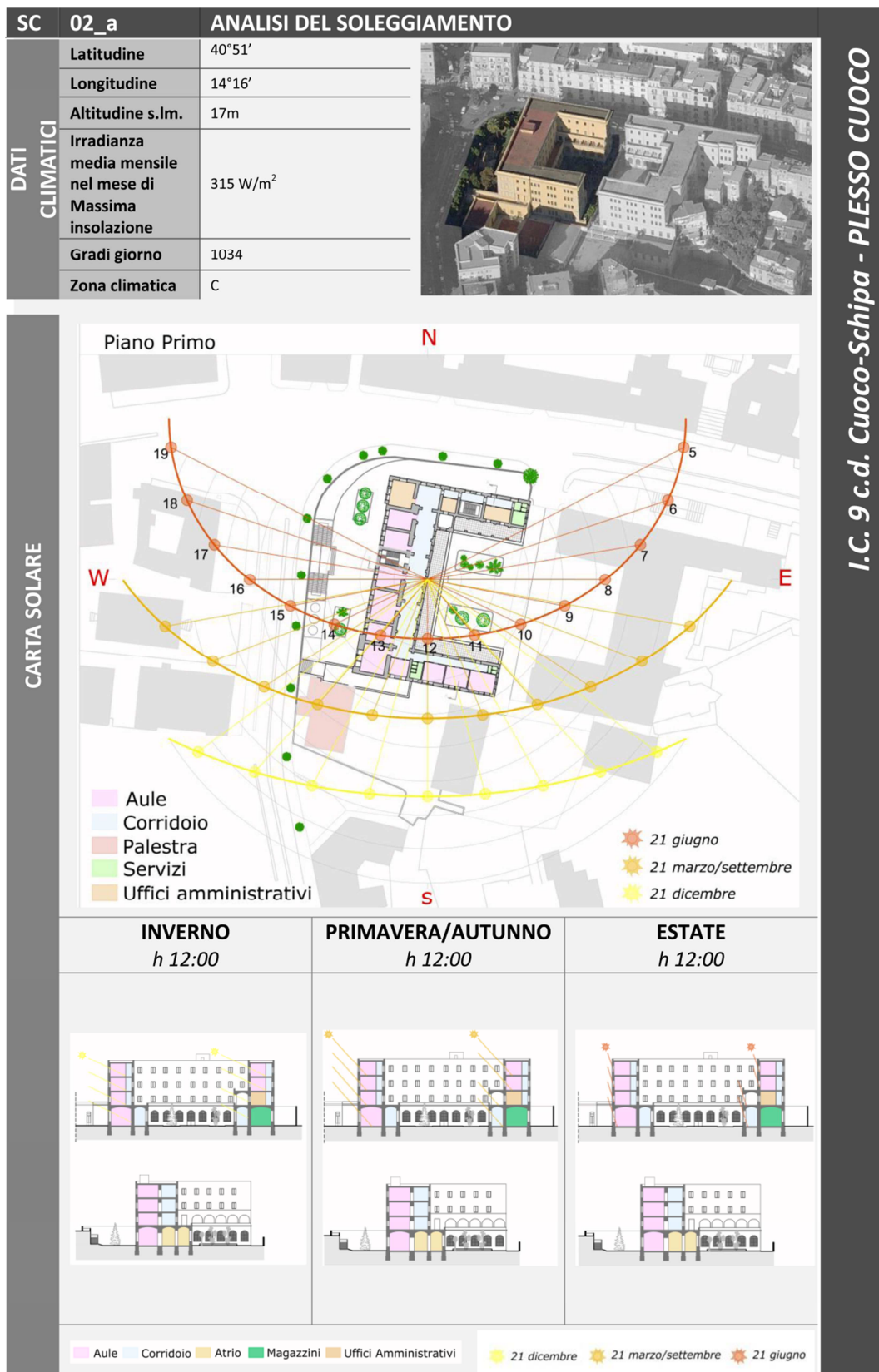
SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI SOLEGGIAMENTO	ESIGENZE	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
	BENESSERE TERMICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del fattore solare	La posizione affossata dell'edificio e le ombre portate degli edifici circostanti limitano l'irraggiamento solare diretto agli ambienti che si trovano ai piani terra, primo e secondo ad eccezione di quelli posti all'ultimo piano della facciata a sud-ovest. Condizione sfavorevole per gli apporti solari gratuiti invernali vantaggiosa per quelli estivi.	OSTRUZIONE DA EDIFICI CIRCOSTANTI
			La presenza di alcuni alberi sempreverdi ad alto fusto non consente di sfruttare gli apporti solari gratuiti invernali negli uffici amministrativi posti al primo piano e nei laboratori del piano terra, è utile, invece, a ridurre gli apporti solari estivi.	PRESENZA DI ALBERI SEMPREVERDI
	BENESSERE VISIVO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del flusso luminoso	Il malfunzionamento delle schermature interne mobili, nelle aule più esposte al sole, non consente di sfruttare al meglio gli apporti solari gratuiti invernali.	MALFUNZIONAMENTO DELLE SCHERMATURE
		Riduzione degli effetti di disturbo visivo	Il malfunzionamento delle schermature interne mobili, nelle aule più esposte al sole, non permette di regolare l'ingresso della luce naturale provocando fenomeni di disturbo visivi come abbagliamento e sovraesposizione.	
ANALISI TERMOGRAFICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo della trasmissione di calore attraverso l'involucro	Presenza di ponti termici in corrispondenza delle travi marcapiano, dei solai e degli attacchi fra il telaio dell'infisso e la parete.	PONTI TERMICI (Struttura portante-tompagnature PONTI TERMICI (Telaio infisso-tompagnature)
			Dispersione di calore dalle pareti	DISPERSIONI TERMICHE
			Dispersione di calore dagli infissi	
			Dispersione di calore dai vetri	
		Controllo della formazione di condensa superficiale	Presenza di condensa superficiale in corrispondenza dei ponti termici.	PRESENZA DI CONDENSA SUPERFICIALE
ANALISI TERMOIGROMETRICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Temperatura dell'aria in ambienti riscaldati meccanicamente	Le Temperature rilevate in quasi tutti i locali, ad eccezione dei laboratori al piano terra e di alcune aule poste al primo e secondo piano, raggiungono quella ideale di 19°-22°. Nelle aule con temperatura ideale compresa tra i 20°-22°, per l'eccessivo calore percepito, si tende a mantenere le finestre aperte per l'intera durata della lezione, generando così una dispersione di calore all'esterno.	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
		Umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente	L'Umidità relativa rilevata in tutti gli ambienti, ad eccezione degli uffici amministrativi, è inferiore a quella ideale del 50%.	
		Ventilazione e qualità dell'aria	Eccessivi ricambi d'aria per le aule poste ai piani superiori ed esposte al sole, scarsi ricambi d'aria per quelle in ombra.	INADEGUATEZZA DELL'UTILIZZO DEL CALORE
		Controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti	Il numero di alunni presenti nelle aule non è omogeneo ed è piuttosto scarso rispetto alla loro dimensione. Mentre la palestra, i laboratori non sono utilizzati per tutto l'orario didattico per cui la presenza di utenti è saltuaria.	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

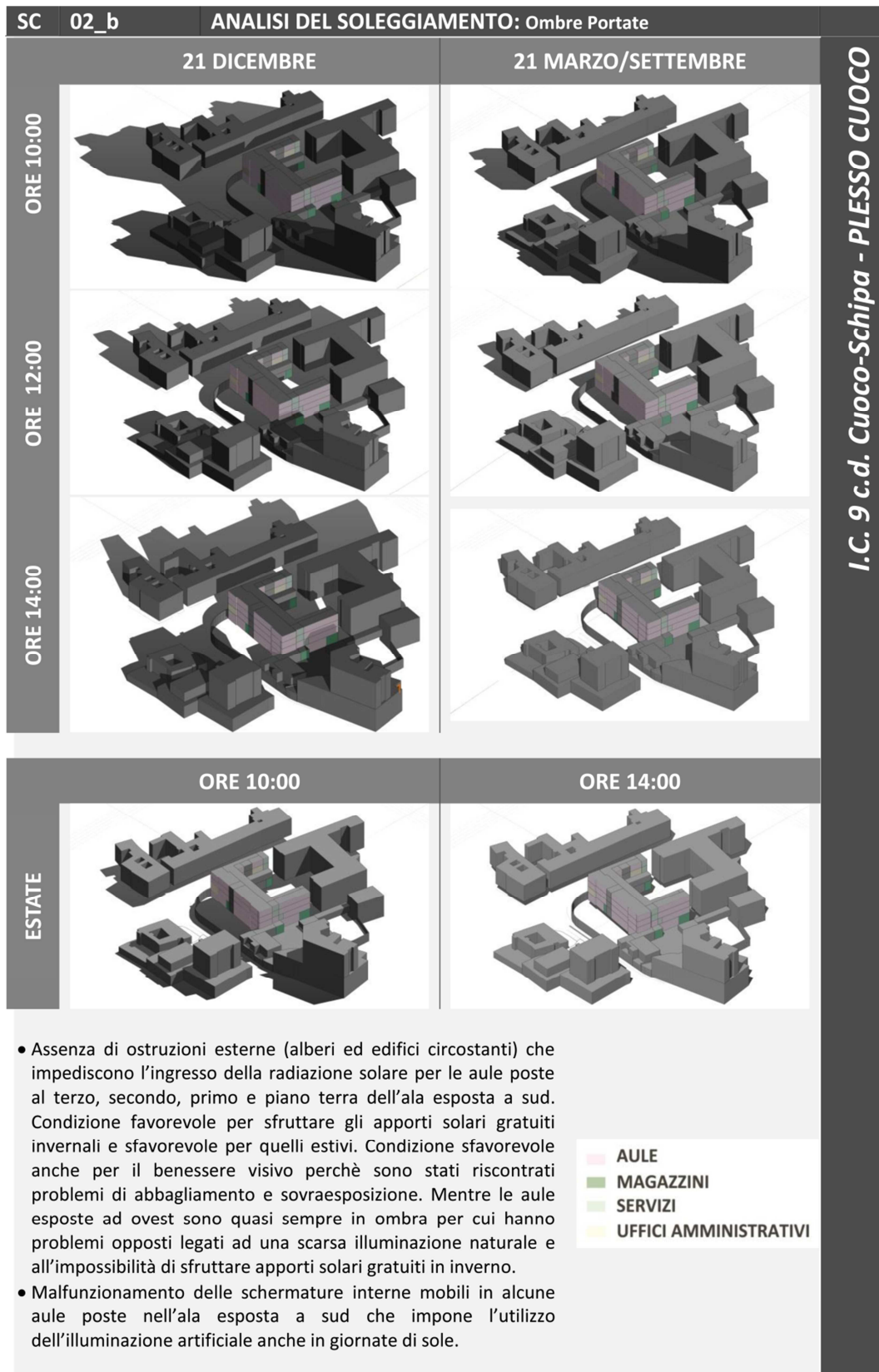
SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI PRESTAZIONI ENERGETICHE	ESIGENZE	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito geometrico e fisico)	Trasmittanza termica dell'involucro edilizio	Non rispondenza dei valori di trasmittanza termica dell'involucro opaco e trasparente a quelli limite previsti dai D.lgs. 59/09 e 311/06	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA
		Inerzia termica dell'edificio	Non rispondenza dei valori di trasmittanza termica periodica dell'involucro opaco a quelli limite previsti dal D.lgs. 59/09.	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA
		Isolamento termico	Assenza di isolamento termico nelle stratigrafie di involucro (Pareti, Solaio controterra e di copertura)	ASSENZA DI ISOLAMENTO TERMICO
		Tenuta all'aria	Assenza di infissi a taglio termico. Elevata permeabilità all'aria	OBSOLESCENZA DEI SERRAMENTI
	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito energetico)	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili o assimilate	La classe energetica G per l'elevato valore di EPI significa elevati consumi energetici dell'edificio.	ELEVATI VALORI DI EPI
			Le lampade utilizzate sono al neon	
			Non vi sono sistemi di controllo automatico dell'impianto di illuminazione (fotosensori)	ASSENZA DI SISTEMI ENERGY SAVING
			I Terminali di ogni ambiente sono sprovvisti di valvole termostatiche	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
			L'impianto di riscaldamento non è zonizzato, la distribuzione di calore non avviene in base alle esigenze orarie di riscaldamento nelle diverse parti dell'edificio (aule, uffici, laboratori, palestra)	
			Il generatore di calore è una caldaia vecchio tipo alimentata a Metano	
			Non vi sono sistemi di Building Automation	
			Non sono installati impianti di solare termico	ASSENZA DI SISTEMI O TECNOLOGIE PER LO SFRUTTAMENTO DI FONTI RINNOVABILI
ANALISI SPAZI APERTI	IMPATTO SULL' AMBIENTE CIRCOSTANTE	Effetto Isola di calore: spazi aperti	La presenza di vegetazione del 20% (alberi ad alto fusto sempreverdi e prato incolto di un'aiuola) rispetto alla totalità dell'area esterna, pur creando ombra alla pavimentazione e a parte della parete sud-ovest (in corrispondenza dei laboratori al piano terra e degli uffici amministrativi al primo piano) e pur mitigando la temperatura dell'aria esterna attraverso l'evapotraspirazione, non è sufficiente a ridurre l'effetto isola di calore.	PRESENZA DI VEGETAZIONE < 25%
			TEMPERATURE SUPERFICI VERTICALI	
			esposte a radiazione solare	
			non esposte a radiazione solare (ombra degli alberi)	
			Intonaco	
			Marmo	
			Infissi	
			Vetro	
			I materiali utilizzati per la pavimentazione degli spazi esterni (asfalto, piastrelle) raggiungono, nei mesi estivi, temperature elevate (come si evince dai rilievi delle temperature), con conseguente aumento della temperatura ambiente nelle area urbana circostante.	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE NELLE AREE ESTERNE
	ACQUE REFLUE	Effetto Isola di calore: coperture	La copertura rivestita con guaina (materiale scuro non riflettente) raggiunge nel periodo estivo temperature di circa 60°C contribuendo alla formazione dell'effetto isola di calore. Il calore del sole viene assorbito e poi irradiato nelle aree circostanti, innalzando la temperatura ambiente esterna.	
		Permeabilità del suolo	Sulla totalità delle superfici l'80% è costituita da materiali impermeabili che non consentono di drenare e raccogliere l'acqua meteorica	SCARSA PERMEABILITÀ DELLE AREE ESTERNE DI PERTINENZA

I.C. 9 c.d. Cuoco-Schipa - PLESSO SCHIPA

SC	01	DATI GENERALI	
DATI IDENTIFICATIVI	Sedi scolastiche ospitate nell'edificio	Infanzia	Cod. MIUR: NAAA8A8013
		Primaria	Cod. MIUR: NAE8A8018
	Indirizzo	Via Salvator Rosa, 118	
	Municipalità	2 - Avvocata, Montecalvario, Mercato, Pendino, Porto, S. Giuseppe	
	Data di costruzione	1800	
	Data dell'ultima manutenzione	2004 (adeguamento normativo)	
	Schema distributivo	Aula-corridoio	
	Tipologia dell'edificio	Blocco accorpato	
			
			
			
DATI OCCUPAZIONE SUOLO	Sup. Tot. area scolastica	Mq 5423	
	Sup. Tot. spazio aperto	Mq 3123	
	Sup. coperta dell'edificio	Mq 2300	
	Sup. utile dell'edificio	Mq 7382,3	
	Volume lordo dell'edificio	Mc 37700	
	N° Piani	4 (fuori terra)	
			
CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE			
SISTEMA COSTRUTTIVO	Struttura	Muratura portante in Tufo	
	Chiusura esterna	Muratura monostrato in blocchi di tufo, paramento esterno costituito da intonaco e, solo in parte al piano terra, da bugne.	
	Infissi esterni	Serramenti in alluminio a doppio vetro, con apertura a battente, e veneziane interne.	
	Coperture	Copertura piana in laterocemento con guaina esterna a vista, non praticabile. All'intradosso, in corrispondenza delle aule, è presente un controsoffitto con pannelli in gesso rivestito	
	Solai	Solai intermedi in laterocemento con travetti prefabbricati. In tutte le aule, ad eccezione di quelle al piano terra, il solaio presenta un controsoffitto. Solaio controterra privo di intercapedine aerata	
	Impianti	Impianto di riscaldamento costituito da caldaia alimentata a gas metano e radiatori come terminali in ambiente. Non sono presenti impianti di ventilazione e raffrescamento, eccetto per gli uffici amministrativi in cui è presente un impianto di climatizzazione.	

I.C. 9 c.d. Cuoco-Schipa - PLESSO CUOCO





Data rilievo: 18 dicembre 2012, strumento utilizzato: termocamera

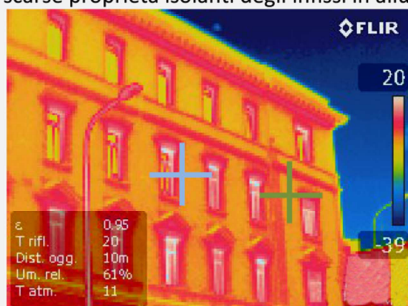


PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
SUD	1726,6 mq	244,7 mq	1481,9 mq	14 %

Ponti termici (puntatore azzurro) in corrispondenza dell'attacco telaio infisso-parete, dispersioni termiche dalla parete (puntatore verde), dai vetri e dagli infissi.

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico,
2. scarse proprietà isolanti degli infissi in alluminio.

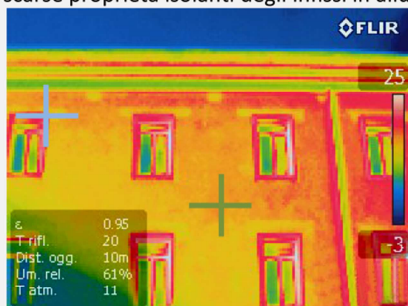


PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
NORD	1732,7 mq	216,2 mq	1516,5 mq	12 %

Ponti termici (puntatore azzurro) in corrispondenza dell'attacco telaio infisso-parete e delle cornici marcapiano, dispersioni termiche dalla parete (puntatore verde).

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico
2. scarse proprietà isolanti degli infissi in alluminio



PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
EST	1673,9 mq	247,1 mq	1426,8 mq	15 % mq

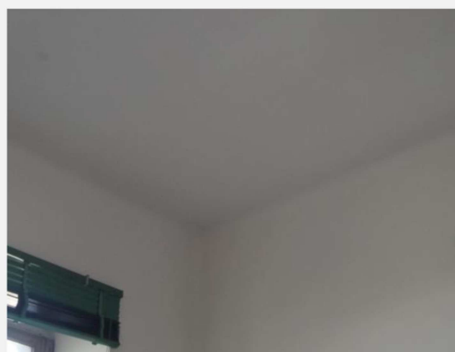
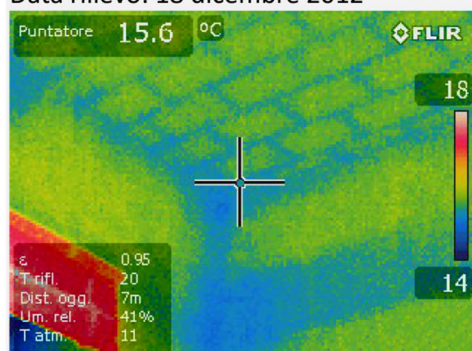
Ponti termici (puntatore azzurro) in corrispondenza dell'attacco telaio infisso-parete, dispersioni termiche dalla parete (puntatore verde), dai vetri e dagli infissi in alluminio.

CAUSE:

1. Assenza di isolamento termico,
2. scarse proprietà isolanti degli infissi in alluminio.

PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
OVEST	1599,6 mq	263,4 mq	1336,2 mq	16 %

Data rilievo: 18 dicembre 2012



Dall'immagine termografica si evidenzia una leggera presenza di condensa (colorazione blu) generata da un ponte termico nell'attacco fra la controsoffittatura del solaio e la muratura.

CAUSE

1. Assenza di isolamento termico

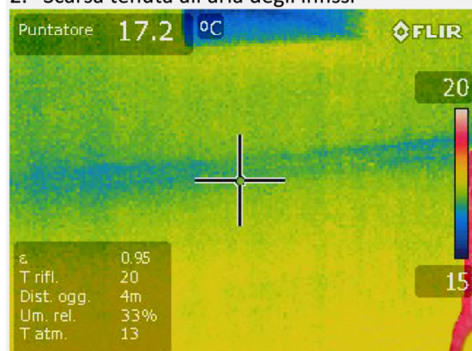


Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di un ponte termico (colorazione blu scuro) in corrispondenza dell'attacco fra il telaio dell'infisso e la parete, ed infiltrazione d'aria.

CAUSE

1. Assenza di isolamento termico

2. Scarsa tenuta all'aria degli infissi



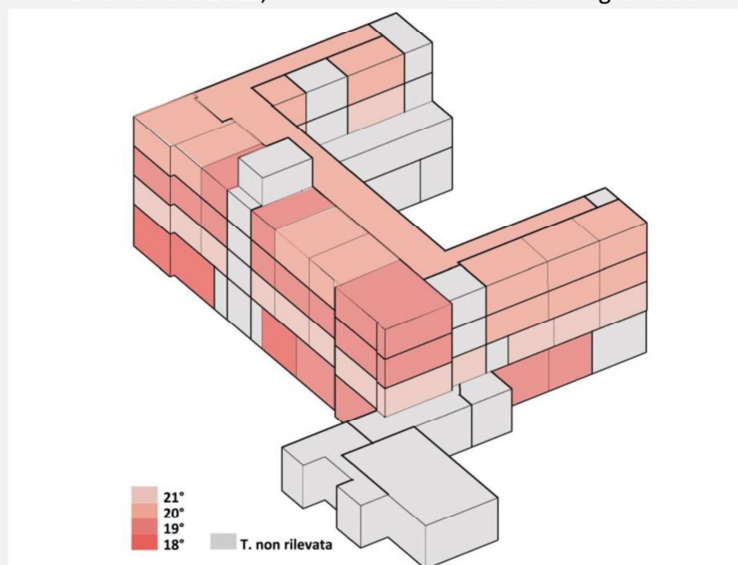
Dall'immagine termografica non si evidenzia la presenza di umidità di risalita.

SUPERFICIE DISPERDENTE

(Chiusure verticali opache-trasparenti
copertura e solaio controterra)

11330,2 m²

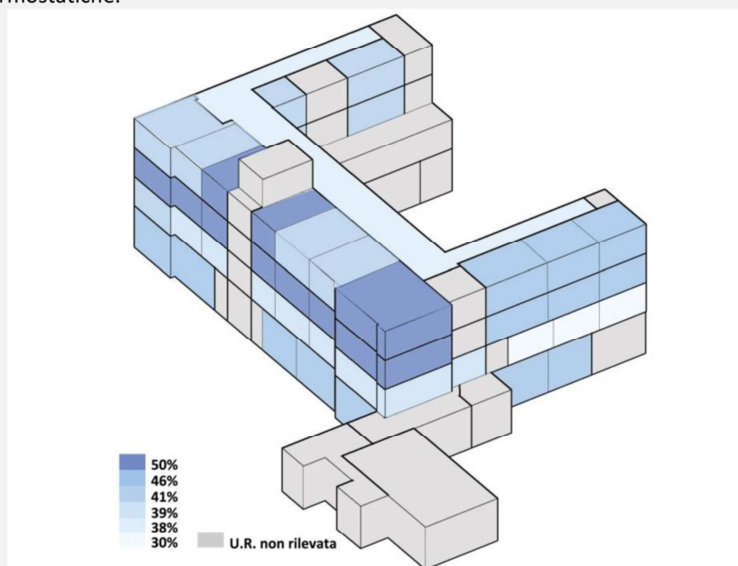
Data rilievo: 18 dicembre 2012, strumento utilizzato: termo-igrometro



In quasi tutte le aule la temperatura rilevata oscilla tra i 19° e i 21° ad eccezione di alcune aule poste al piano terra ed esposte a ovest-nordovest in cui è stata rilevata una temperatura di 18°. In particolare nelle aule esposte a sud con temperatura ideale compresa tra i 20°-22°, per l'eccessivo calore percepito, si tende a mantenere le finestre aperte anche durante l'ora di lezione, generando così una dispersione di calore all'esterno.

CAUSE:

1. Posizione ed esposizione delle aule
2. Numero di occupanti
3. Inadeguatezza della regolazione dell'impianto di riscaldamento, i terminali non sono dotati di valvole termostatiche.






In quasi tutti gli ambienti l'umidità relativa è inferiore a quella ideale del 50%.

CAUSE:

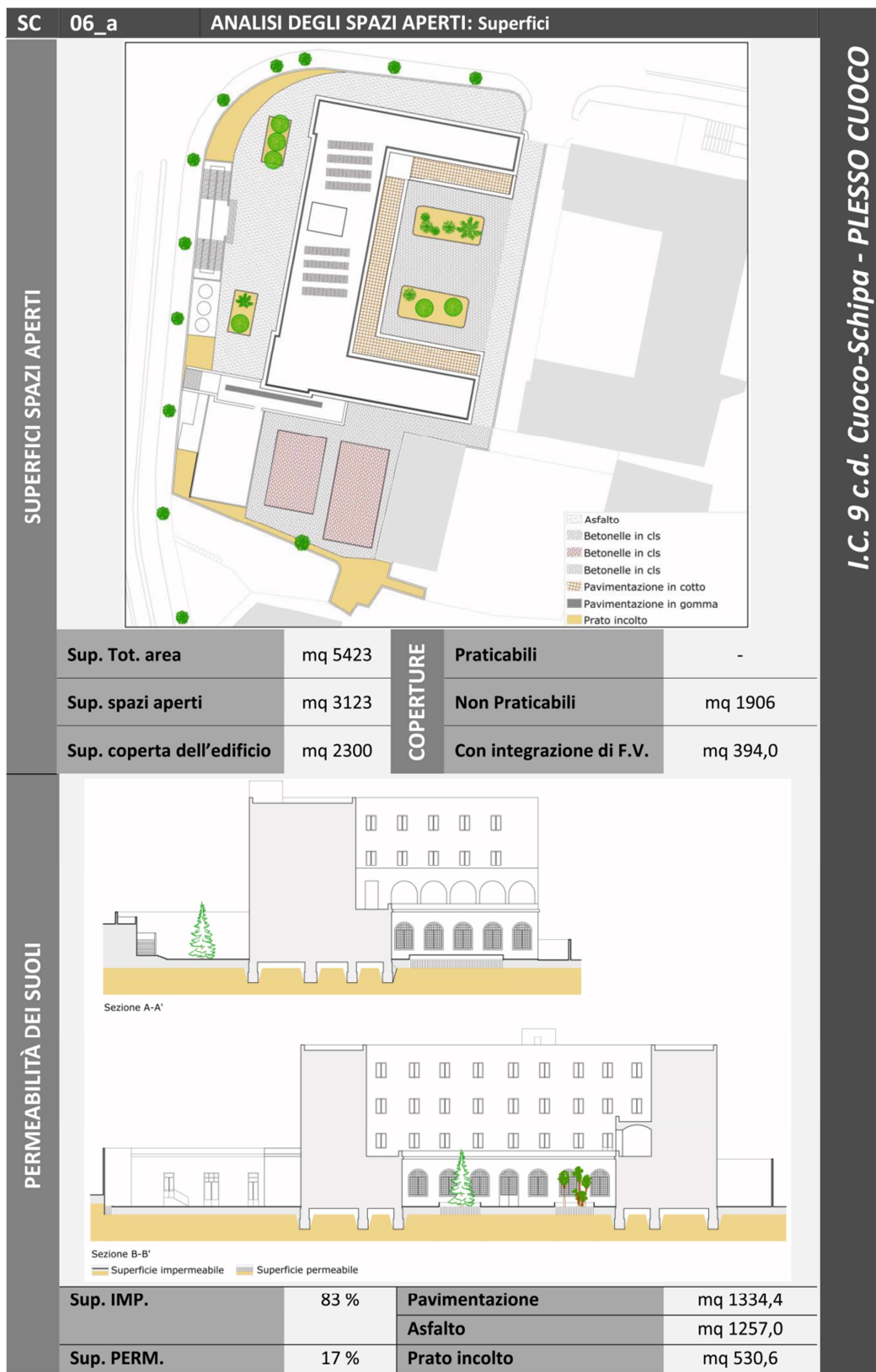
1. Numero di occupanti
2. Numero ricambi d'aria

SC	05	ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE	
CARATTERISTICHE TERMOFISICHE		TRASMITTANZA TERMICA U (W/m²K)	TRASMITTANZA TERMICA LIMITE PER EDIFICI PUBBLICI U Limite (W/m²K) (ridotti del 10% secondo il D.lgs. 311 e D.Lsg. 59/09)
	COPERTURA	0,87 con controsoffitto 1,15 senza controsoffitto	0,34
	CHIUSURE OPACHE VERTICALI	0,55	0,36
	SOLAIO CONTRO TERRA O VERSO LOCALI NON RISCALDATI O ESTERNO	0,83	0,38
	CHIUSURE TRASPARENTI	4,04	2,34
		TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA* Ψie (W/m²K)	TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA LIMITE Ψie Limite (W/m²K)
	COPERTURA	0,45	0,20
	CHIUSURE OPACHE VERTICALI	0,002	0,12
*Calcolo non obbligatorio per gli edifici scolastici secondo D.Lsg. 59/09			
ENERGIA PRIMARIA	EPI Limite di progetto*	5,1 Kwh/m³anno	
	EPI - energia primaria per il riscaldamento invernale	10,30 Kwh/m³anno	
	CLASSE ENERGETICA	F	
	*Calcolato in funzione della zona climatica (C), dei gradi giorno del sito di progetto (1034) e del rapporto di forma dell’edificio (Sd/V=0,30)		




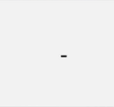

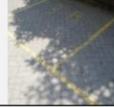


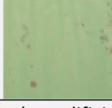

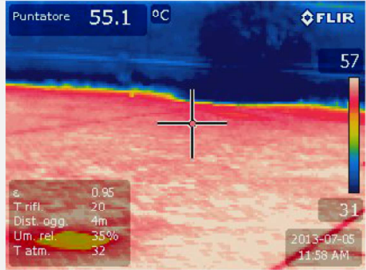

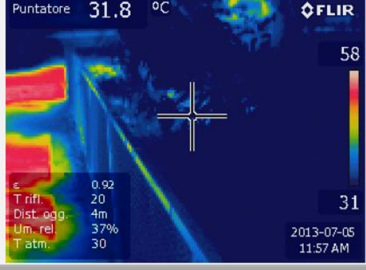
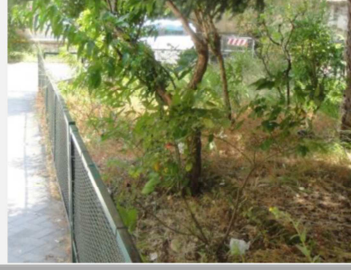




Presenza di lampade al neon in tutte le aule, solo in quelle al primo e secondo piano gli apparecchi illuminanti sono dotati di sistemi schermanti per evitare il fenomeno di abbagliamento da sorgenti artificiali. Terminali sprovvisti di valvole termostatiche.

I.C. 9 c.d. Cuoco-Schipa - PLESSO CUOCO



I.C. 9 c.d. Cuoco-Schipa - PLESSO CUOCO

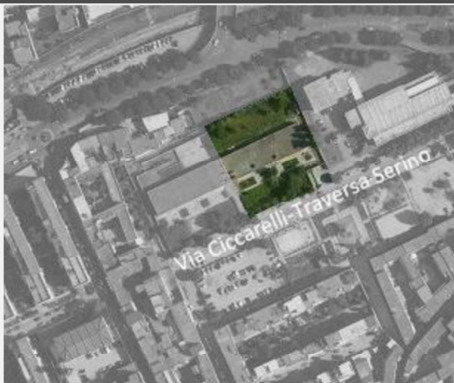

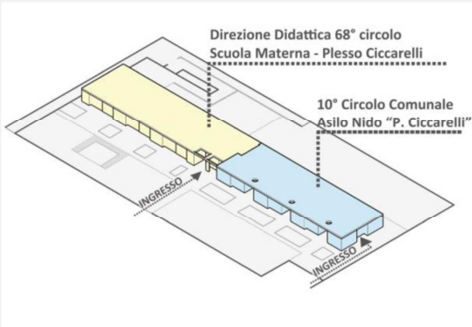
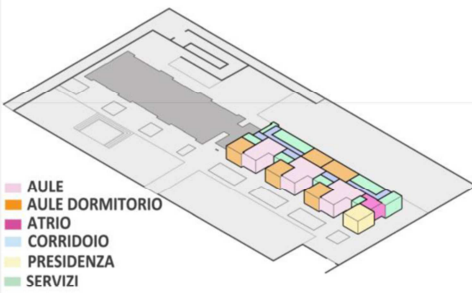
SC	06_b					ANALISI DEGLI SPAZI APERTI: rilievo termoigrometrico e termografico				
TEMPERATURE SUPERFICI	Data rilievo: 5 luglio 2013									
	SUP. ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE					SUP. NON ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE				
	Prato Terreno		26,7°C 33,3°C			Prato Terreno		23,0°C 28,0°C		
	Betonella in cemento (rossa)		62,9°C			Betonella in cemento (rossa)		- -		
	Betonella in cemento (grigia)		61,0°C			Betonella (O.ED.)* (O. AL.)*		35,4°C 36,9°C		
	Asfalto		48,0°C			Asfalto (O. AL.)* (O. ED.)*		26,3°C 22,6°C		
	Guaina		62,4°C			Guaina (O. PF.) (O. CT.)		38,9°C 35,6°C		
*O.AL. (Ombra albero) O.ED. (Ombra edificio) O.CT. (Ombra Cordolo Tetto) O.PF (Ombra Pannello Fotovoltaico)										
ZONA ASFALTATA										
Tatm 32°C										
Urel 35%										
ZONA ALBERATA										
Tatm 30°C										
Urel 37%										
COPERTURA										
Tatm 32°C										
Urel 35%										

I.C. 9 c.d. Cuoco-Schipa - PLESSO CUOCO

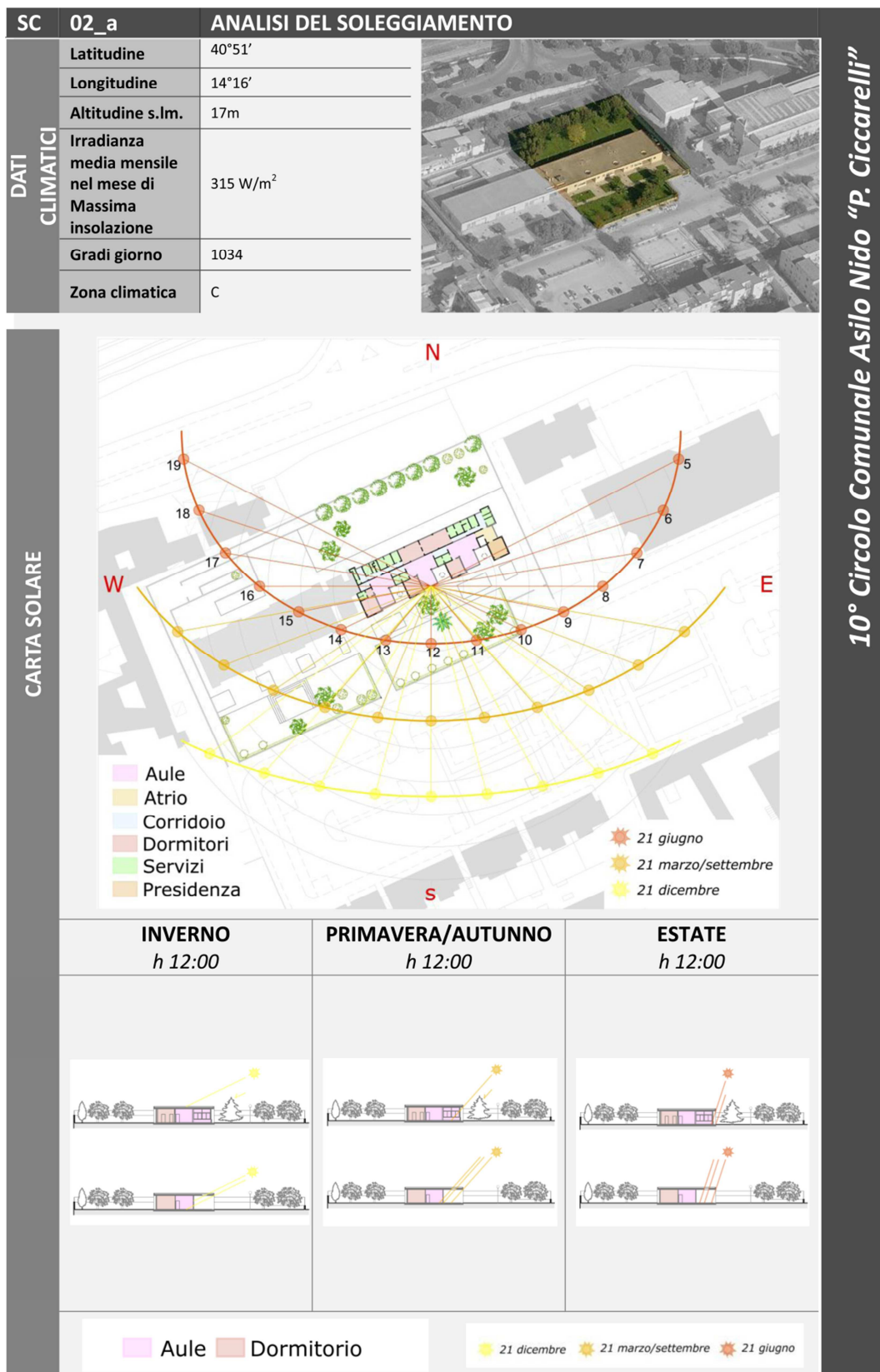
SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI SOLEGGIAMENTO	ESIGENZE	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
	BENESSERE TERMICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del fattore solare	Le ombre portate degli edifici circostanti, per la loro distanza dall'edificio scolastico, non limitano l'irraggiamento solare diretto sulla facciata a sud in cui si trovano le aule.	-
			Assenza di alberi che non consente di sfruttare gli apporti solari gratuiti invernali e di ridurre gli apporti solari estivi nelle aule esposte a sud.	-
			La presenza di schermature interne mobili in cattivo stato, in alcune aule esposte a sud, non consente di sfruttare al meglio gli apporti solari gratuiti invernali.	MALFUNZIONAMENTO DELLE SCHERMATURE
	BENESSERE VISIVO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del flusso luminoso	La presenza di schermature interne mobili in cattivo stato, in alcune aule esposte a sud, non permette di sfruttare al meglio l'illuminazione naturale.	
		Riduzione degli effetti di disturbo visivo	La presenza di schermature interne mobili in cattivo stato, in alcune aule esposte a sud, non permette di regolare l'ingresso della luce naturale provocando fenomeni di disturbo visivi come abbagliamento e sovraesposizione.	
ANALISI TERMOGRAFICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo della trasmissione di calore attraverso l'involucro	Presenza di ponti termici in corrispondenza dei degli attacchi fra il telaio dell'infisso e la muratura.	- PONTI TERMICI (Telaio infisso-tompagnature)
			Dispersione di calore dalle pareti	DISPERSIONI TERMICHE
			Dispersione di calore dagli infissi	
			Dispersione di calore dai vetri	
		Controllo della formazione di condensa superficiale	Leggera presenza di condensa superficiale in corrispondenza del ponte termico fra la controsoffittatura del solaio e la muratura.	LEGGERA PRESENZA DI CONDENZA SUPERFICIALE
ANALISI TERMOIGROMETRICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo della formazione di umidità di risalita	Dai rilievi termografici non si evidenzia la presenza di umidità di risalita negli ambienti posti al piano terra.	-
		Temperatura dell'aria in ambienti riscaldati meccanicamente	Le Temperature rilevate con il termo-igrometro in quasi tutte le aule oscilla tra i 19° e i 21°, ad eccezione di alcune aule poste al piano terra ed esposte a ovest-nordovest in cui è stata rilevata una temperatura di 18°.	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
		Umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente	L'Umidità relativa rilevata in quasi tutte le aule, negli uffici amministrativi e nei corridoi è inferiore a quella ottimale del 50%. Mentre negli ambienti posti al piano seminterrato è uguale o supera di poco il 50%	
		Ventilazione e qualità dell'aria	Scarsi ricambi d'aria, nelle aule esposte ad ovest-nordovest. Eccessivi ricambi d'aria nelle aule esposte a sud.	INADEGUATEZZA DELL'UTILIZZO DEL CALORE
		Controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti	Il numero di utenti presenti negli ambienti incide sulla temperatura e l'umidità relativa, nel caso specifico il numero di alunni è abbastanza omogeneo in tutte le aule e giusto per la loro dimensione. Mentre la palestra non è utilizzata per tutto l'orario didattico per cui la presenza di utenti è saltuaria.	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

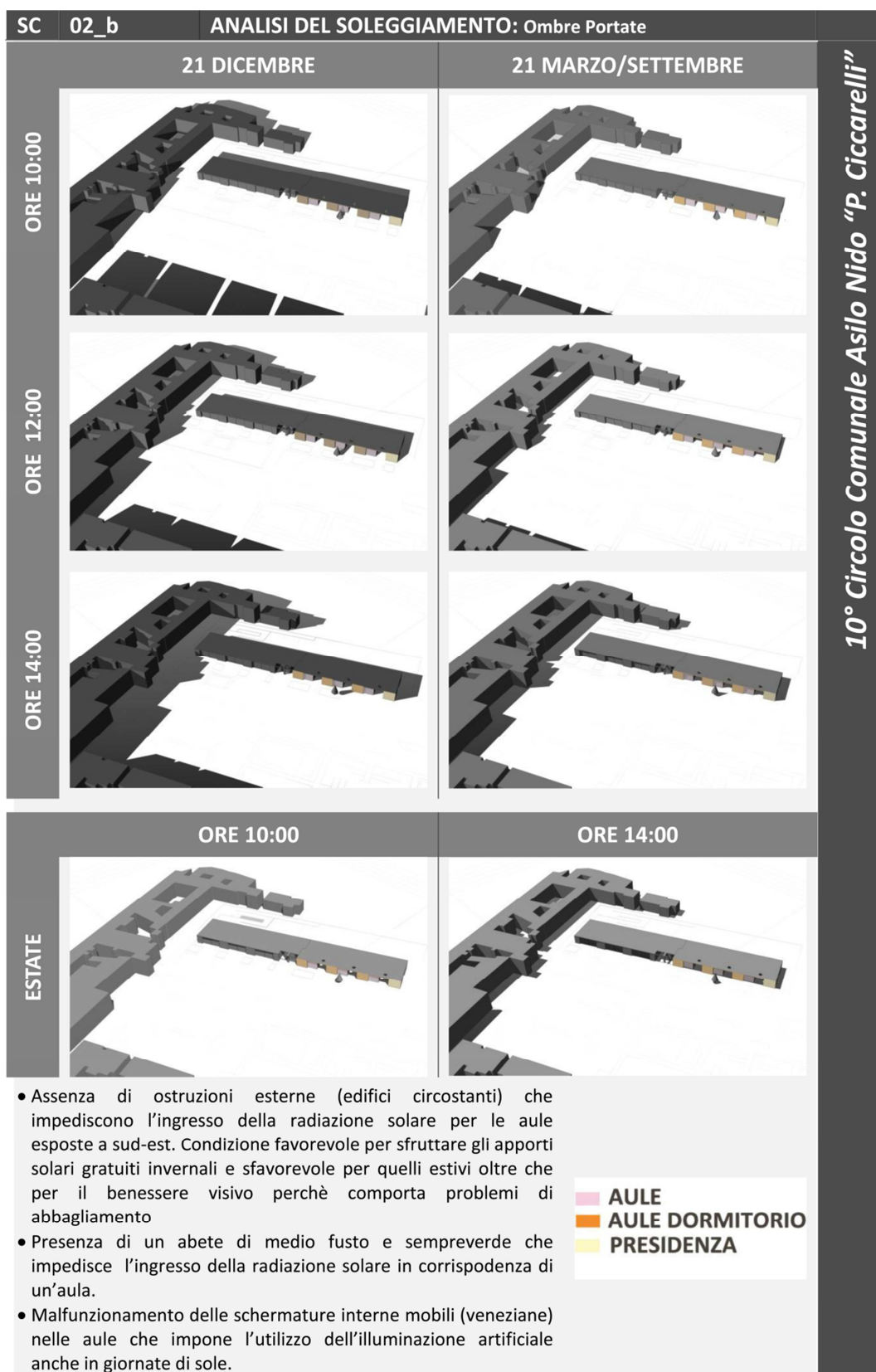
I.C. 9 c.d. Cuoco-Schipa - PLESSO CUOCO

SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI PRESTAZIONI ENERGETICHE	ESIGENZE	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito geometrico e fisico)	Trasmittanza termica dell'involucro edilizio	Non rispondenza dei valori di trasmittanza termica dell'involucro opaco e trasparente a quelli limite previsti dai D.lgs. 59/09 e 311/06	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA
		Inerzia termica dell'edificio	Rispondenza dei valori di trasmittanza termica periodica dell'involucro opaco a quelli limite previsti dal D.lgs. 59/09.	-
		Isolamento termico	Assenza di isolamento termico nelle stratigrafie di involucro (Pareti, Solaio controterra e di copertura)	ASSENZA DI ISOLAMENTO TERMICO
		Tenuta all'aria	Assenza di infissi a taglio termico. Elevata permeabilità all'aria. Infiltrazione d'aria	OBSOLESCENZA DEI SERRAMENTI
	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito energetico)	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili o assimilate	Elevato valore di EPI, classe energetica F, elevati consumi energetici dell'edificio.	ELEVATI VALORI DI EPI
			Le lampade utilizzate sono al neon	-
			Non vi sono sistemi di controllo automatico dell'impianto di illuminazione (fotosensori)	ASSENZA DI SISTEMI ENERGY SAVING
			I Terminali di ogni ambiente sono sprovvisti di valvole termostatiche	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
			L'impianto di riscaldamento non è zonizzato, la distribuzione di calore non avviene in base alle esigenze orarie di riscaldamento nelle diverse parti dell'edificio (aule, uffici, palestra)	
			Il generatore di calore è una caldaia vecchio tipo alimentata a Metano	
			Non vi sono sistemi di Building Automation	
			Non sono installati impianti di solare termico	ASSENZA DI SISTEMI O TECNOLOGIE PER LO SFRUTTAMENTO DI FONTI RINNOVABILI
			Non sono installati impianti fotovoltaici	
ANALISI SPAZI APERTI	IMPATTO SULL' AMBIENTE CIRCOSTANTE	Effetto Isola di calore: spazi aperti	La presenza di vegetazione del 17% (alcuni alberi piccolo/medio fusto e prato incolto in alcune aiuole) rispetto alla totalità dell'area esterna, pur creando ombra alla pavimentazione e a parte della parete est (in corrispondenza dei corridoi) e pur mitigando la temperatura dell'aria esterna attraverso l'evapotraspirazione, non è sufficiente a ridurre l'effetto isola di calore.	PRESENZA DI VEGETAZIONE < 25%
			TEMPERATURE SUPERFICI VERTICALI	
			esposte a radiazione solare	
			non esposte a radiazione solare (ombra degli alberi)	
			Intonaco	
			Infissi	
			Vetro	
			I materiali utilizzati per la pavimentazione degli spazi esterni (asfalto, betonelle in c.a.) raggiungono, nei mesi estivi, temperature elevate (come si evince dai rilievi delle temperature), con conseguente aumento della temperatura ambiente nelle area urbana circostante.	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE NELLE AREE ESTERNE
	ACQUE REFLUE	Effetto Isola di calore: coperture	La copertura rivestita con guaina (materiale scuro non riflettente) raggiunge nel periodo estivo temperature di circa 60°C contribuendo alla formazione dell'effetto isola di calore. Il calore del sole viene assorbito e poi irradiato nelle aree circostanti, innalzando la temperatura ambiente esterna.	
			Permeabilità del suolo	
			Sulla totalità delle superfici l'83% è costituita da materiali impermeabili che non consentono di drenare e raccogliere l'acqua meteorica	SCARSA PERMEABILITÀ DELLE AREE ESTERNE DI PERTINENZA

SC	01	DATI GENERALI	
DATI IDENTIFICATIVI	Sedi scolastiche ospitate nell'edificio	Asilo nido	CIRCOLO COMUNALE
	Indirizzo	Via Ciccarelli, trav.Serino	
	Municipalità	6 – Barra, San Giovanni a teduccio,	
	Data di costruzione	post 1976	
	Data dell'ultima manutenzione	-	
	Schema distributivo	Unità funzionale	
	Tipologia dell'edificio	Piastra	
			
			
			
DATI OCCUPAZIONE SUOLO	Sup. Tot. area scolastica	Mq 6900	
	Sup. Tot. spazio aperto	Mq 5482	
	Sup. coperta dell'edificio	Mq 785	
	Sup. utile dell'edificio	Mq 655	
	Volume lordo dell'edificio	Mc 2836,1	
	N° Piani	1	
			
CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE			
SISTEMA COSTRUTTIVO	Struttura	Prefabbricato in c.a.	
	Chiusura esterna	Pannelli in cls faccia a vista con strato isolante interno (sp. 25cm)	
	Infissi esterni	Serramenti in alluminio a doppio vetro, con apertura scorrevole, veneziana interna.	
	Coperture	Copertura piana costituita lastre predalles, con ghiaia esterna, non praticabile. All'intradosso, in corrispondenza di tutti gli ambienti, è presente un controsoffitto con pannelli in gesso rivestito.	
	Solai	Solaio controterra privo di intercapedine aerata.	
	Impianti	Impianto di riscaldamento costituito da caldaia alimentata a gas metano e radiatori come terminali in ambiente. Non sono presenti impianti di ventilazione e raffrescamento, eccetto per la presidenza in cui è presente un impianto di climatizzazione.	

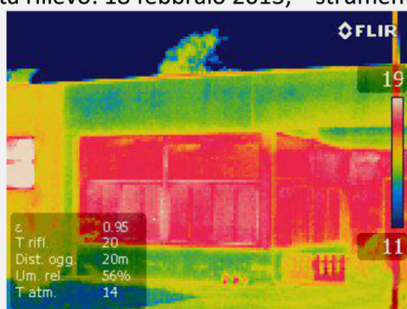
10° Circolo Comunale Asilo Nido "P. Ciccarelli"





10° Circolo Comunale Asilo Nido "P. Ciccarelli"

Data rilievo: 18 febbraio 2013, strumento utilizzato: termocamera

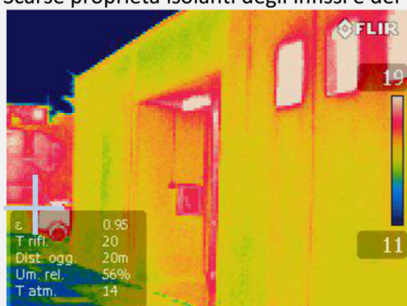


PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
SUD-EST	210,4 mq	64,7 mq	145,7 mq	31 %

Ponti termici in corrispondenza dell'attacco del telaio dell'infisso e la parete, dispersioni termiche dai vetri dagli infissi e leggere dispersioni termiche dalla parete.

CAUSE:

1. Isolamento termico non sufficiente
2. Scarse proprietà isolanti degli infissi e dei vetri.

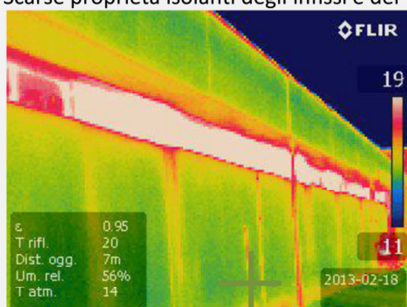


PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
NORD-EST	131,9 mq	49,5 mq	82,4 mq	37 %

Ponti termici in corrispondenza dell'attacco del telaio dell'infisso e la parete, dispersioni termiche dai vetri dagli infissi e leggere dispersioni termiche dalla parete.

CAUSE:

1. Isolamento termico non sufficiente
2. Scarse proprietà isolanti degli infissi e dei vetri



PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
NORD-OVEST	210,4 mq	28,6 mq	181,8 mq	14 %

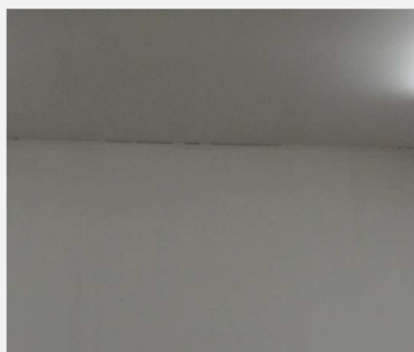
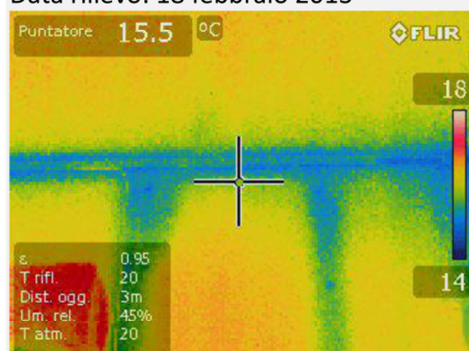
Ponti termici in corrispondenza dell'attacco del telaio dell'infisso e la parete, dispersioni termiche dai vetri, dagli infissi e leggere dispersioni termiche dalla parete.

CAUSE:

1. Isolamento termico non sufficiente
2. Scarse proprietà isolanti degli infissi e dei vetri

PROSPETTO	Sup. Totale	Sup. Trasparente	Sup. Opaca	% Sup. Trasparente
SUD-OVEST	140,4 mq	0 mq	140,4 mq	0 %

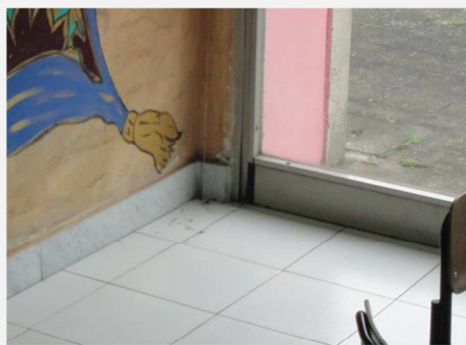
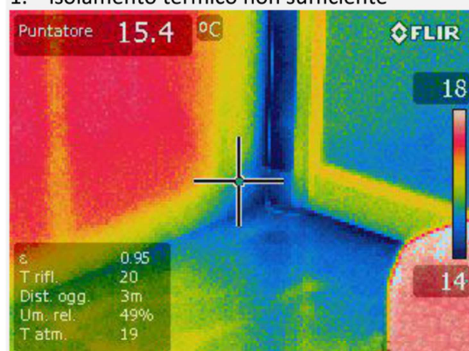
Data rilievo: 18 febbraio 2013



Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di condensa (colorazione blu) generata da un ponte termico nell'attacco fra il solaio e i pannelli della parete

CAUSE

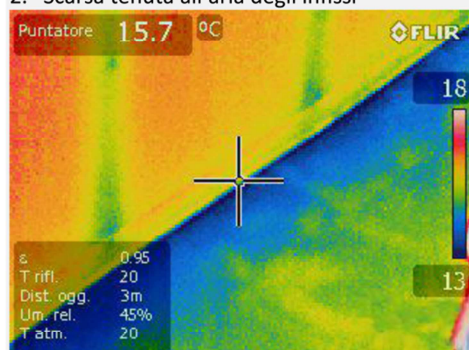
1. isolamento termico non sufficiente



Dall'immagine termografica si evidenzia la presenza di un ponte termico (colorazione blu scuro) in corrispondenza dell'attacco fra il telaio dell'infisso e la parete, ed infiltrazione d'aria.

CAUSE

1. Assenza di isolamento termico
2. Scarsa tenuta all'aria degli infissi



Dall'immagine termografica si evidenziano infiltrazioni d'aria (colorazione blu scuro) dall'attacco tra i pannelli della parete e il solaio controterra.

CAUSE:

1. isolamento termico non sufficiente,

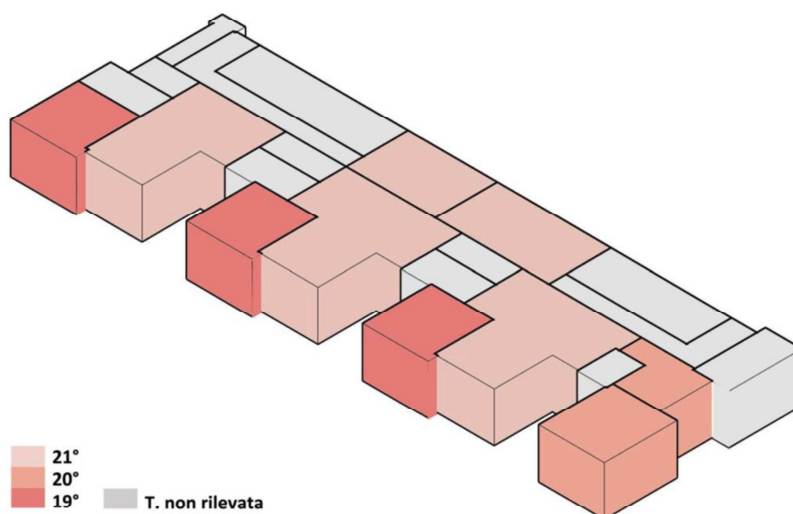
SUPERFICIE DISPERDENTE

(Chiusure verticali opache-trasparenti copertura e solaio controterra)

2133,1 m²

Data rilievo: 18 febbraio 2013, strumento utilizzato: termo-igrometro

TEMPERATURE AMBIENTI INTERNI

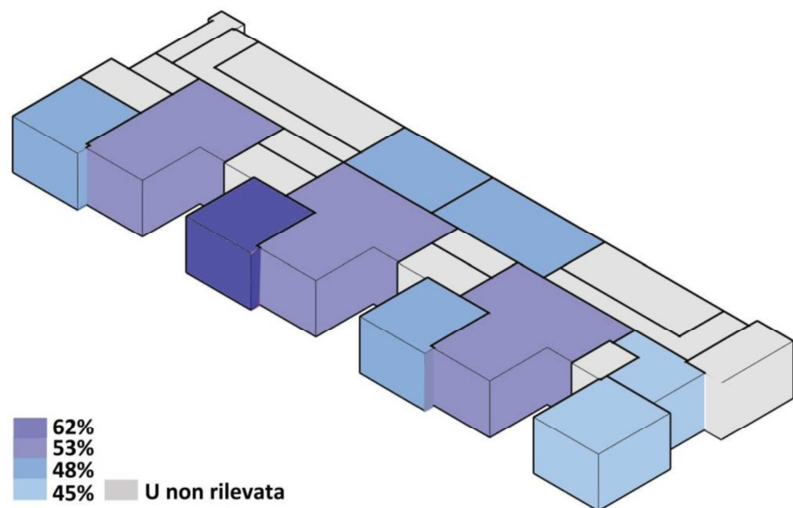


La temperatura dei locali interni è abbastanza omogenea e si avvicina a quella ideale di 20°-21°. Solo nelle aule dormitorio esposte a sud-est è di 19°. Rispetto ai dati rilevati, si percepiva una temperatura più bassa soprattutto nelle aule.

CAUSE:

1. Posizione ed esposizione delle aule
2. Numero di occupanti
3. Presenza di un abete (a medio fusto sempreverde) che impedisce l'ingresso dei raggi solari invernali attraverso le superfici vetrate in corrispondenza di un'aula, sfavorendo l'apporto solare gratuito.
4. Inadeguatezza della regolazione dell'impianto di riscaldamento, i terminali non sono dotati di valvole termostatiche.

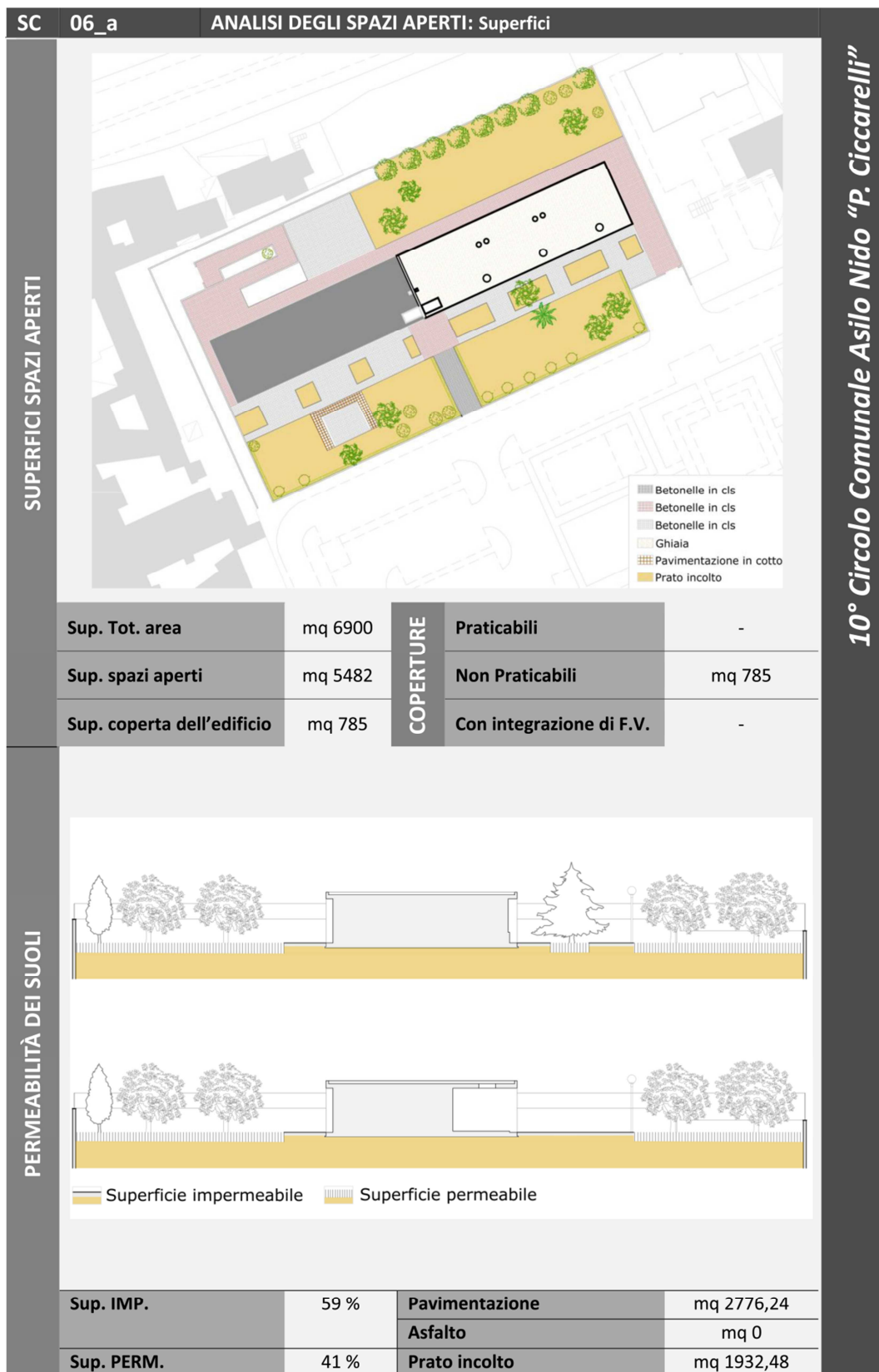
UMIDITÀ RELATIVA AMBIENTI INTERNI


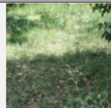






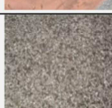
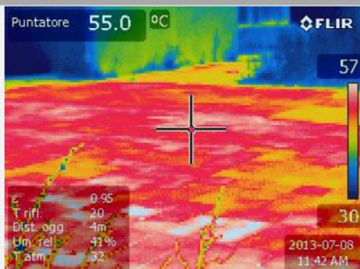

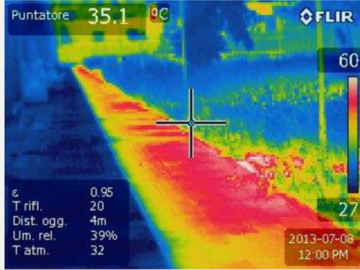

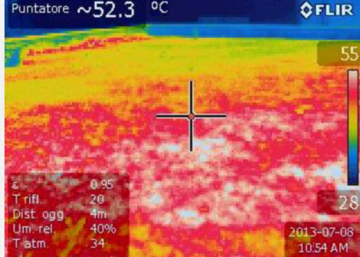



Per ottenere un buon equilibrio termico, l'umidità relativa degli ambienti dovrebbe essere mantenuta intorno al 50%. In questo caso l'umidità oscilla tra il 45 e il 62%

CAUSE:

1. Numero di occupanti
2. Scarsi ricambi d'aria



SC	06_b	ANALISI DEGLI SPAZI APERTI: rilievo termoigrometrico e termografico					
TEMPERATURE SUPERFICI	Data rilievo: 8 luglio 2013						
	SUP. ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE				SUP. NON ESPOSTE A RADIAZIONE SOLARE		
	Prato Terreno	34,8°C 51,0°C		Prato Terreno	29,6°C 30,2°C		
	Betonella in cemento (grigia)	52,1°C		Betonella in cemento (grigia (O. AL.)*	29,4°C		
	Betonella in cemento (rosa)	54,3°C		Betonella in cemento (rosa) (O.ED.)	27,4°C		
	Pavimentazione in Cotto	50,0°C		Pavimentazione in Cotto (O. AL.)*	24,9°C		
	Ghiaia	60,8°C		Ghiaia	-	-	
*O. AL. (Ombra albero) O.ED. (Ombra edificio)							
ZONA PAVIMENTATA							
Tatm 32°C							
Urel 41%							
ZONA ALBERATA							
Tatm 32°C							
Urel 39%							
COPERTURA							
Tatm 34°C							
Urel 40%							

10° Circolo Comunale Asilo Nido "P. Ciccarelli"

10° Circolo Comunale Asilo Nido "P. Ciccarelli"

SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI SOLEGGIAMENTO	ESIGENZE	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
	BENESSERE TERMICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del fattore solare	Le ombre portate degli edifici circostanti, per la loro distanza dall'edificio scolastico, non limitano l'irraggiamento solare diretto sulla facciata a sud-est in cui si trovano le aule.	-
			La presenza di alberi a piccolo fusto sempreverdi per la loro distanza dall'edificio consentono di sfruttare gli apporti solari gratuiti invernali nelle aule esposte a sud est ad eccezione di un aula il cui irraggiamento è ostacolato da un abete. Condizione sfavorevole per gli apporti solari invernali, favorevole per quelli estivi.	PRESENZA DI ALBERI SEMPREVERDI
			La presenza di schermature interne mobili in cattivo stato, in alcune aule, non consente di sfruttare al meglio gli apporti solari gratuiti invernali	MALFUNZIONAMENTO DELLE SCHERMATURE
	BENESSERE VISIVO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo del flusso luminoso	La presenza di schermature interne mobili in cattivo stato, in alcune aule, non permette di sfruttare al meglio l'illuminazione naturale.	
		Riduzione degli effetti di disturbo visivo	La presenza di schermature interne mobili in cattivo stato, in alcune aule, non permette di regolare l'ingresso della luce naturale provocando fenomeni di disturbo visivi come abbagliamento e sovraesposizione.	
ANALISI TERMOGRAFICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo della trasmissione di calore attraverso l'involucro	Presenza di ponti termici in corrispondenza dell'attacco fra il telaio dell'infisso e i pannelli in cls della parete.	- PONTI TERMICI (Telaio infisso-tompagnature)
			Leggere dispersioni di calore dalle pareti	DISPERSIONI TERMICHE
			Dispersione di calore dagli infissi	
			Dispersione di calore dai vetri	
		Controllo della formazione di condensa superficiale	Presenza di condensa superficiale in corrispondenza dell'attacco fra il solaio e la parete.	PRESENZA DI CONDENSA SUPERFICIALE
ANALISI TERMOIGROMETRICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo della formazione di umidità di risalita	Dai rilievi termografici non si evidenzia la presenza di umidità di risalita ma infiltrazione d'aria dall'attacco tra i pannelli della parete e il solaio controterra.	-
		Temperatura dell'aria in ambienti riscaldati meccanicamente	Le Temperature rilevate con il termo-igrometro in quasi tutti gli ambienti oscillano tra i 19°-21° in linea con quella ideale di 20° - 22°C. La temperatura percepita risulta più bassa..	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
		Umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente	L'Umidità relativa rilevata in quasi tutti gli ambienti oscilla tra i 45 -62% a seconda dell'esposizione dei locali.	
		Ventilazione e qualità dell'aria	Scarsi ricambi d'aria.	INADEGUATEZZA DELL'UTILIZZO DEL CALORE
ANALISI TERMOIGROMETRICHE	BENESSERE TERMO-IGROMETRICO NEGLI SPAZI INTERNI	Controllo degli apporti gratuiti dovuti agli occupanti	Il numero di utenti presenti negli ambienti incide sulla temperatura e l'umidità relativa, nel caso specifico il numero di alunni non è omogeneo in tutte le aule. Mentre le aule dormitorio sono occupate solo in alcune ore per cui la presenza di utenti è saltuaria.	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

SC	07	CRITICITÀ TECNOLOGICHE - ENERGETICHE - AMBIENTALI		
ANALISI PRESTAZIONI ENERGETICHE	ESIGENZE	REQUISITI	CRITICITÀ	SINTESI CRITICITÀ
	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito geometrico e fisico)	Trasmittanza termica dell'involucro edilizio	Non rispondenza dei valori di trasmittanza termica dell'involucro opaco e trasparente a quelli limite previsti dai D.lgs. 59/09 e 311/06	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA
		Inerzia termica dell'edificio	Non rispondenza dei valori di trasmittanza termica periodica dell'involucro opaco a quelli limite previsti dal D.lgs. 59/09.	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA
		Isolamento termico	Isolamento termico nelle stratigrafie di involucro (Pareti) non sufficiente	ISOLAMENTO TERMICO INSUFFICIENTE
		Tenuta all'aria	Assenza di infissi a taglio termico. Elevata permeabilità all'aria. Infiltrazioni d'aria	OBSOLESCENZA DEI SERRAMENTI
	UTILIZZO RAZIONALE DELLE RISORSE CLIMATICHE ED ENERGETICHE (requisito energetico)	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili o assimilate	Elevato valore di EPI, classe energetica G, quindi elevati consumi energetici dell'edificio. Le lampade utilizzate sono al neon	ELEVATI VALORI DI EPI
			Non vi sono sistemi di controllo automatico dell'impianto di illuminazione (fotosensori)	ASSENZA DI SISTEMI ENERGY SAVING
			I Terminali di ogni ambiente sono sprovvisti di valvole termostatiche	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
			L'impianto di riscaldamento non è zonizzato, la distribuzione di calore non avviene in base alle esigenze orarie di riscaldamento nelle diverse parti dell'edificio (aule, aule dormitorio, presidenza)	
			Il generatore di calore è una caldaia vecchio tipo alimentata a Metano	
			Non vi sono sistemi di Building Automation	
			Non sono installati impianti di solare termico	ASSENZA DI SISTEMI O TECNOLOGIE PER LO SFRUTTAMENTO DI FONTI RINNOVABILI
			Non sono installati impianti fotovoltaici	
ANALISI SPAZI APERTI	IMPATTO SULL' AMBIENTE CIRCOSTANTE	Effetto Isola di calore: spazi aperti	La presenza di vegetazione del 41% (alberi a piccolo/medio fusto e prato incolto) rispetto alla totalità dell'area esterna, pur creando ombra alla pavimentazione e alla parete sud-est e mitigando la temperatura dell'aria esterna attraverso l'evapotraspirazione, non è sufficiente a ridurre l'effetto isola di calore.	-
			TEMPERATURE SUPERFICI VERTICALI	
			esposte a radiazione solare	
			non esposte a radiazione solare (ombra degli alberi)	
			Pannelli in cls	
			39,0°C	
			30,5°C	
			Infissi	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE NELLE AREE ESTERNE
			48,1°C	
			34,3°C	
			Vetro	
			38,6°C	
			30,1°C	
			I materiali utilizzati per la pavimentazione degli spazi esterni (betonelle in c.a., piastrelle in cotto) raggiungono, nei mesi estivi, temperature elevate (come si evince dai rilievi delle temperature), con conseguente aumento della temperatura ambiente nelle area urbana circostante.	
	ACQUE REFLUE	Effetto Isola di calore: coperture	La copertura pur essendo rivestita con ghiaia (materiale chiaro) raggiunge nel periodo estivo temperature di circa 60°C, contribuendo alla formazione dell'effetto isola di calore. Il calore del sole viene assorbito e poi irradiato nelle aree circostanti, innalzando la temperatura ambiente esterna.	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE IN COPERTURA
		Permeabilità del suolo	Sulla totalità delle superfici il 59% è costituita da materiali impermeabili che non consentono di drenare e raccogliere l'acqua meteorica	SCARSA PERMEABILITÀ DELLE AREE ESTERNE DI PERTINENZA

10° Circolo Comunale Asilo Nido "P. Ciccarelli"

4.2 Le criticità e strategie di intervento

Le criticità emerse dai casi studio sono state raggruppate in base al sistema: involucro, impianto e spazi aperti; come si legge dalla tabella sottostante.

CRITICITA'		I.C. 26°IMBRIANI Plesso "G.A. BORELLI" (Scuola dell'infanzia e Primaria)	S.M.S. "VIALE DELLE ACACIE" (Scuola secondaria 1° grado)	I.C. 9 CUOCO-SCHIPA Plesso "M. SCHIPA" (scuola secondaria 1° grado)	I.C. 9 CUOCO-SCHIPA Plesso "V. CUOCO" (scuola dell'infanzia e primaria)	Asilo Nido "P. CICCARELLI"
						
INVOLUCRO	PONTI TERMICI (Struttura portante-tompagnature)	●	●	●		
	PONTI TERMICI (telaio infisso-tompagnature)	●	●	●	●	●
	DISPERSIONI TERMICHE	●	●	●	●	●
	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA	●	●	●	●	●
	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA	●	●	●		●
	ELEVATI VALORI DI EPI	●	●	●	●	●
	ASSENZA DI ISOLAMENTO TERMICO	●	●	●	●	
	PRESENZA DI CONDENSA SUPERFICIALE	●	●	●	●	●
	PRESENZA DI UMIDITA' DI RISALITA	●	●			
	OBSOLESCENZA DEI SERRAMENTI	●	●	●	●	●
	MALFUNZIONAMENTO DELLE SCHERMATURE	●	●	●	●	●
	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	●	●	●	●	●
	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE	●	●	●	●	●
	ASSENZA DI SISTEMI ENERGY SAVING (illuminazione)	●	●	●	●	●
IMPIANTO	ASSENZA DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI	●		●		●
	PRESENZA DI VEGETAZIONE < 25%	●	●	●	●	
	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE NELLE AREE ESTERNE	●	●	●	●	●
	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE IN COPERTURA	●	●	●	●	●
	SCARSA PERMEABILITA' DEI SUOLI	●	●	●	●	●
SPAZI APERTI						

FIG. 1- Sintesi delle criticità emerse per ogni caso studio

Riguardo l'involucro è emerso che gli edifici scolastici hanno problemi di:

- ponti termici in corrispondenza del telaio della struttura e della tompagnatura ad eccezione degli edifici caratterizzati da un sistema costruttivo in muratura portante (Plesso Cuoco) e prefabbricato (Asilo Ciccarelli),
- ponti termici in corrispondenza dell'attacco tra il telaio dell'infisso e la parete,
- dispersioni termiche dalle tompagnature, dagli infissi e dai vetri. Riguardo le tompagnature è stato rilevato che le dispersioni sono maggiori per gli edifici con sistema costruttivo a telaio (Plesso Borelli, Plesso Schipa, Viale delle Acacie) rispetto agli altri due edifici.
- assenza di isolamento termico, ad eccezione dell'Asilo Nido nella cui stratigrafia d'involucro è presente l'isolante ma non è sufficiente.

- presenza di condensa superficiale,
- presenza di umidità di risalita in particolar modo per gli edifici aventi un piano seminterrato (Viale delle Acacie, Borelli),
- obsolescenza dei serramenti e malfunzionamento delle schermature,
- elevati valori di trasmittanza termica, anche per l'Asilo Nido in cui è presente l'isolante poiché la compagnatura è costituita da pannelli in cls dello spessore di 20 cm,
- Elevati valori di trasmittanza termica periodica ad eccezione del Plesso Cuoco costituito da muratura portante,
- Elevati valori di energia primaria per la climatizzazione invernale che significano elevati consumi energetici.

Riguardo gli impianti è emerso quanto segue:

- l'impianto di riscaldamento è caratterizzato da una caldaia vecchio tipo alimentata a metano e terminali costituiti da radiatori senza valvole termostatiche e non è zonizzato in base alle esigenze orarie di riscaldamento nelle diverse parti dell'edificio (aule, uffici, laboratori etc.),
- l'impianto di illuminazione è costituito da lampade al neon con alimentatori magnetici, senza sistemi di energy saving come fotosensori, in alcuni casi gli apparecchi illuminanti sono dotati di sistemi schermanti per evitare il fenomeno di abbagliamento da sorgenti artificiali.
- In alcune scuole (Viale delle Acacie e Plesso Cuoco) sono presenti impianti fotovoltaici.

Infine riguardo gli spazi aperti sono state riscontrate le seguenti criticità:

- Scarsa presenza di aree verdi: quattro scuole su cinque presenta una vegetazione inferiore al 25% rispetto alla superficie totale degli spazi aperti pertinenziali,
- Formazione dell'effetto "isola di calore"⁴ negli spazi aperti a causa della scarsa vegetazione e dell'utilizzo di materiali (asfalto, betonelle in cls etc.) con un

⁴ Un fenomeno che determina un localizzato aumento della temperatura media dell'aria e delle temperature medie radianti che si verifica nel microclima urbano rispetto alle circostanti zone periferiche e rurali. Il maggior accumulo di calore è determinato da una serie di concause, in interazione tra loro, tra le quali sono da annoverare la diffusa cementificazione, le superfici

basso coefficiente di riflessione che raggiungono in estate temperature molto elevate.

- Formazione dell'effetto "isola di calore" in copertura per l'utilizzo di materiali (guaina) con un basso coefficiente di riflessione che raggiungono in estate temperature molto elevate,
- Scarsa permeabilità dei suoli: la maggior parte delle superfici è costituita da materiali impermeabili che non consentono di drenare e raccogliere l'acqua meteorica.

In seguito alle criticità emerse sono state individuate le strategie d'intervento finalizzate a risolvere tali criticità ma soprattutto a migliorare le prestazioni energetiche degli edifici scolastici.

		INTERVENTI																										
		INVOLUCRO								IMPIANTO								SPAZI APERTI										
		Chiusure verticali opache		Chiusure orizzontali superiori		Chiusure orizzontali inferiori		Chiusure verticali trasparenti		Impianto di riscaldamento				Impianto di illuminazione				Superfici esterne										
		CAPOTTO ESTERNO	CONTROPERETE INTERNA	ISOLAMENTO IN INTERCARDEINE	PARETE VENTILATA	TETTO ROVESCIO	ISOLAMENTO ALL'INTRADOSSO	TETTO GIARDINO	COOL ROOF	ISOLAMENTO TERMICO SOTTO PAVIMENTO	SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI	SOSTITUZIONE SCHERMATURE ESTERNE/INTERNE	MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA DEL GENERATORE DI CALORE	SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE	INSTALLAZIONE DI VALVOLE TERMOSTATICHE SUI CORPI SCALDANTI	ZONIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	SOSTITUZIONE DEGLI ALIMENTATORI CON ALIMENTATORI ELETTRONICI PER LAMPADE CFL	INSTALLAZIONE DI FOTOSENSORI	SOSTITUZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI IMPERMEABILI CON PAVIMENTAZIONI DRENANTI	IMPIEGGIO DI MATERIALI PER LA PAVIMENTAZIONE CON PROPRIETA' DI RIFLESSIONE SOLARE (SRI) ELEVATA	REALIZZAZIONE DI ZONE OMBREGGiate	ESSENZE ARBOREE	REALIZZAZIONE DI ZONE OMBREGGiate	PANNELLI FOTOVOLTAICI O SOLARE TERMICO	REALIZZAZIONE DI ZONE OMBREGGiate	REALIZZAZIONE DI ZONE OMBREGGiate		
CRITICITA'																												
INVOLUCRO	PONTI TERMICI (Struttura portante-tompagnature)	●			●																							
	PONTI TERMICI (telaio infisso-tompagnature)									●																		
	DISPERSIONI TERMICHE	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																	
	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																	
	ELEVATI VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																	
	ELEVATI VALORI DI EPI	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																	
	ASSENZA DI ISOLAMENTO TERMICO	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●																	
	PRESENZA CONDENSA SUPERFICIALE	●				●																						
	PRESENZA DI UMIDITA' DI RISALITA	●								●																		
	OBSOLESCENZA DEI SERRAMENTI										●																	
IMPIANTO	MALFUNZIONAMENTO DELLE SCHERMATURE											●																
	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO												●	●	●	●												
	INEFFICIENZA DELL'IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE																	●										
	ASSENZA DI SISTEMI ENERGY SAVING (illuminazione)																		●									
SPAZI APERTI	ASSENZA DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI																									●		
	PRESENZA DI VEGETAZIONE < 25%																							●				
	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE NELLE AREE ESTERNE																		●						●			
	FORMAZIONE DI ISOLA DI CALORE IN COPERTURA							●		●	●														●			
	SCARSA PERMEABILITA' DEI SUOLI																		●							●		

FIG. 2 - Strategie d'intervento

Gli interventi, suddivisi per involucro, impianti e spazi aperti riguardano:

1. L'inserimento di nuove stratificazioni: isolamento termico delle chiusure opache verticali e orizzontali (superiori e inferiori), per porre rimedio alle

asfaltate che prevalgono nettamente rispetto alle aree verdi, le emissioni degli autoveicoli, degli impianti industriali e dei sistemi di riscaldamento e di aria condizionata ad uso domestico.

dispersioni termiche, ai ponti termici e allo stesso tempo contribuire all'innalzamento del benessere termico.

In particolare per le chiusure opache verticali si può realizzare un cappotto esterno, una parete ventilata, una controparete interna ed un isolamento in intercapedine.

- Il cappotto esterno consiste nell'applicare sulla faccia esterna della parete un pannello di materiale isolante, rinforzato da un'armatura e completato da uno strato di finitura. Questa soluzione elimina i ponti termici, i fenomeni di condensazione superficiale e migliora l'inerzia termica dell'edificio.
- La parete ventilata coniuga i vantaggi dell'isolamento a cappotto con i benefici di una ventilazione superficiale. L'effetto camino, che si crea all'interno dell'intercapedine per i moti convettivi dell'aria, permette una riduzione del carico termico durante il periodo estivo e una riduzione del fenomeno di condensa superficiale. I moti convettivi possono causare una modesta riduzione del potere isolante dello strato coibente, ma proteggono l'intera chiusura dagli stress termici.
- La controparete interna consiste nell'applicazione sul lato interno delle pareti ad elevata trasmittanza di pannelli di materiale isolante, sigillati con apposite bande e successivamente finiti con appositi rasanti. Questo tipo di soluzione non corregge i ponti termici.
- L'isolamento in intercapedine consiste nell'inserimento, per insufflazione o pompaggio, di materiale isolante all'interno dell'intercapedine della chiusura esistente. I materiali devono essere leggeri in modo da non sovraccaricare la struttura. Lo svantaggio di questa soluzione è quella di non correggere i ponti termici.

Per le chiusure orizzontali superiori si può realizzare un tetto rovescio, un cool roof, un tetto giardino o un isolamento all'intradosso.

- Il tetto rovescio e il cool roof consistono nell'applicazione di uno strato di isolamento termico sul lato esterno della chiusura completato con ghiaia (il primo) e con vernici bianche (il secondo). Entrambe soluzioni non risolvono

i ponti termici ma riducono l'effetto isola di calore in copertura poiché riflettono la radiazione solare.

- Il tetto giardino è un tetto parzialmente o completamente ricoperto di vegetazione. Si distinguono due tipologie di tetti verdi: “tetto verde intensivo” (giardino pensile) e “tetto verde estensivo”. Il primo è caratterizzato da un peso superiore e richiede uno spessore minimo del terreno di almeno 30 cm contro i 5-12 del secondo. Nel caso di giardino pensile sulla struttura dell'edificio si deve prevedere un sovraccarico di $400-750\text{kg/m}^2$ contro i $60-250\text{kg/m}^2$ del tetto verde estensivo. Nel tetto verde intensivo si realizza un giardino accessibile che richiede un'adeguata irrigazione e manutenzione, inoltre lo spessore della terra e dello strato drenante rendono quasi sempre inutile l'impiego di uno strato termoisolante. Nel “tetto verde estensivo”, invece, si coltivano piante di piccole dimensioni che trattengono la terra, non è accessibile ma il grado di manutenzione è più ridotto ed il sistema di irrigazione più semplice. Per lo spessore del terreno è sempre previsto l'isolamento termico. Anche questa soluzione riduce l'effetto isola di calore in copertura ma non risolve i ponti termici.
- L'isolamento all'intradosso consiste nell'applicazione di uno strato isolante sul lato interno della copertura. Non si riduce l'effetto isola di calore.

L'isolamento delle chiusure inferiori è più invasivo rispetto alle altre chiusure. Una possibile soluzione prevede l'applicazione di uno strato isolante sotto la pavimentazione. Questo intervento consiste nella rimozione degli strati esistenti e nell'inserimento dell'isolante e degli strati di integrazione impiantistica, di allettamento e di pavimentazione. Qualora l'intervento prevedesse un sistema di riscaldamento a pavimento è possibile utilizzare moduli per l'alloggiamento dei tubi costituiti da pannelli sagomati in polistirolo o polistirene che assolvono anche alla protezione termica senza dover aggiungere ulteriori strati di isolante.

2. La sostituzione degli infissi: questo intervento richiede particolare attenzione nella scelta delle tecnologie maggiormente pertinenti alla situazione climatica locale e alle caratteristiche globali dell'edificio. Poiché la trasmittanza termica dell'infisso dipende dalla trasmittanza termica del telaio U_f , da quella del

vetro Ug, dalla trasmittanza termica lineare del distanziale del vetro Ψ_g è importante valutare il tipo di vetro, il tipo di telaio e il tipo di distanziale.

Il tipo di vetro: per abbattere notevolmente le dispersioni termiche si può impiegare un vetrocamera bassoemissivo. La camera d'aria può essere riempita semplicemente con aria o possono essere impiegati dei gas inerti (argon, Krypton, ecc.) in grado di rallentare il moto convettivo interno e quindi la trasmissione di calore da una superficie all'altra, limitando il fenomeno di dispersione.

Il telaio dell'infisso è responsabile della tenuta all'aria e del taglio termico. In commercio vi sono numerose tecnologie per i telai. Le più diffuse sono: legno massiccio, metallo a taglio termico, PVC a taglio termico tecnologia mista legno-alluminio, il cui profilo metallico è posizionato verso l'esterno a protezione dagli agenti atmosferici.

Il tipo di distanziale: il ponte termico lineare del vetrocamera non dipende dal materiale ma dalla posa in opera. Generalmente viene fornito in alluminio ma per l'elevata conducibilità termica del metallo non è il materiale migliore; sono preferibili materiali come l'acciaio inox o le materie sintetiche.

Questo intervento consente di ridurre le dispersioni termiche dovute ad infiltrazione d'aria e a conduzione attraverso le chiusure trasparenti.

3. La sostituzione delle schermature interne ed esterne: l'intervento consiste nel sostituire le schermature esistenti malfunzionanti in corrispondenza delle chiusure verticali trasparenti con dispositivi nuovi che permettono di regolare la quantità di radiazione luminosa in ingresso, in relazione alle condizioni climatiche esterne e all'inclinazione dei raggi solari. Intervento finalizzato a ridurre il surriscaldamento degli ambienti causato dall'irraggiamento solare e dalla sovraesposizione delle chiusure trasparenti.
4. La manutenzione ordinaria e straordinaria del generatore di calore: l'intervento serve per evidenziare eventuali malfunzionamenti della caldaia come elevata temperatura dei fumi, bassa temperatura dei fumi ed elevata temperatura del mantello, al fine di migliorare l'efficienza del generatore di calore.

5. La sostituzione del generatore di calore: l'intervento consiste nel sostituire la caldaia esistente poco efficiente con una ad alta efficienza al fine di migliorare l'efficienza dell'impianto di generatore di calore e ridurre i consumi energetici dovuti all'obsolescenza del dispositivo.
6. Installazione di valvole termostatiche: l'intervento consiste nell'installare su ciascun radiatore una valvola che regola la temperatura di ogni singolo ambiente in relazione agli apporti solari gratuiti di energia (solari, dovuti agli occupanti o a dispositivi interni). Il livello costante di temperatura è garantito grazie alla regolazione della portata del fluido riscaldato al corpo radiante posto nell'ambiente.
7. La zonizzazione dell'impianto di climatizzazione invernale: l'intervento consiste nel regolare l'impianto termico per zone, distribuendo il calore in base alle esigenze orarie di riscaldamento nelle diverse parti dell'edificio (aule, uffici, laboratori, ecc.). Questo intervento può portare un sostanziale risparmio energetico.
8. La sostituzione degli alimentatori convenzionali con alimentatori elettronici: l'intervento consiste nel sostituire i convenzionali alimentatori magnetici⁵ con alimentatori elettronici che hanno più vantaggi fra cui quello di ridurre del 50% l'energia consumata.
9. L'installazione di fotosensori: l'intervento consiste nell'adottare sistemi di controllo automatici per gli impianti di illuminazione per ridurre i consumi elettrici dovuti all'utilizzo non necessario dei dispositivi illuminanti, in assenza di utenti nel locale. In particolare, nei locali di transito (bagni, corridoi) è possibile evitare l'illuminazione non necessaria adottando dei sensori di presenza, ossia sistemi di rilevamento della presenza di persone nel locale da illuminare, oppure interruttori temporizzati; entrambi i dispositivi regolano l'accensione o spegnimento delle lampade in modo automatico.
10. La sostituzione delle pavimentazioni impermeabili con pavimentazioni drenanti: l'intervento, finalizzato a ridurre l'effetto "isola di calore" derivante

⁵ le lampade fluorescenti non possono funzionare direttamente con tensione di rete alternata poiché la corrente aumenterebbe in modo incontrollato dopo l'accensione e la lampada esploderebbe in pochissimo tempo. Per limitare la corrente tradizionalmente si usano alimentatori magnetici

dalle aree esterne, consiste nell'utilizzare pavimentazioni permeabili di tipo grigliato (foratura 50%) con vegetazione nei fori.

11. L'impiego di materiali per le pavimentazioni con proprietà di riflessione solare elevata: l'intervento, finalizzato a ridurre l'effetto "isola di calore" derivante dalle aree esterne, consiste nell'utilizzare materiali a colorazione chiara per qualsiasi camminamento (cortile, viale). Le opzioni di pavimentazione comprendono:
 - calcestruzzo bianco o grigio,
 - ogni altro materiale con indice di riflessione solare (SRI) pari o superiore al 29%.
12. La realizzazione di zone ombreggiate (essenze arboree): l'intervento, finalizzato alla riduzione dell'effetto isola di calore, consiste nella piantumazione di alberi o vegetazione in grado di ombreggiare gli edifici e le superfici pavimentate.
13. La realizzazione di zone ombreggiate (pannelli fotovoltaici o solare termico): l'intervento, finalizzato alla riduzione dell'effetto isola di calore, consiste nell'installazione di sistemi ad energia solare per ombreggiare le superfici pavimentate o le coperture.
14. La realizzazione di zone ombreggiate (elementi architettonici): l'intervento, finalizzato alla riduzione dell'effetto isola di calore, consiste nell'utilizzo di sistemi architettonici purchè rispettino un indice di riflessione solare (SRI) superiore al 29% per bloccare la luce solare diretta.

Selezione degli interventi

La prestazione energetica di un edificio viene calcolata attraverso la metodologia di calcolo della certificazione energetica definita dalle norme UNI TS 11300. Per cui allo scopo di individuare gli scenari di upgrade finalizzati all'incremento delle prestazioni energetiche degli edifici con particolare attenzione al fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione invernale e del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale sono stati selezionati gli interventi di riqualificazione energetica relativi al sistema

involucro-impianto verificabili attraverso tale metodologia con l'ausilio di un software per il calcolo della certificazione energetica.

Il software utilizzato per calcolare la certificazione energetica è il *BestClass TS11300 ver. 2.0*. La procedura Bestclass, proposta da Sacert⁶ e sviluppata, partendo da modelli di calcolo normati (come l'UNI EN 832), da ricercatori del dipartimento BEST del Politecnico di Milano, consente di valutare il fabbisogno energetico di un edificio e assegnargli una classe, che va da A a G secondo il fabbisogno energetico, in base a opportuni valori di riferimento.

La procedura individua alcuni indicatori di prestazione energetica, valori di riferimento convenzionali calcolati in base a valutazioni su dati climatici e d'uso standard. Ognuno di essi è calcolato dal rapporto tra il fabbisogno energetico annuo e la superficie utile. L'unità di misura utilizzata per tutti gli indicatori è il kWh/m² anno o kWh/m³ anno

Gli indicatori sono:

- il fabbisogno energetico specifico dell'involucro;
- il fabbisogno di energia primaria specifico per la climatizzazione invernale;
- il fabbisogno energetico specifico per acqua calda sanitaria;
- il fabbisogno energia primaria specifico per la produzione di acqua calda sanitaria;
- il contributo energetico specifico dovuto alle fonti rinnovabili;
- il fabbisogno specifico globale di energia primaria.

La procedura fornisce, inoltre, i contenuti e il formato dell'Attestato di Certificazione Energetica e della Targa Energetica da esporre per rendere evidente la qualità energetica dell'edificio. La certificazione è applicabile sia alle nuove costruzioni che alle ristrutturazioni e consente di scegliere la tipologia edilizia.

Gli interventi selezionati sono riportati nella tabella che segue.

⁶ Ente di Certificazione delle competenze dei Tecnici Certificatori Energetici degli edifici secondo la UNI EN ISO 17024.










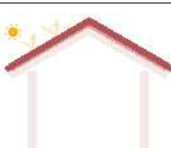





INVOLUCRO	CHIUSURE OPACHE VERTICALI	CHIUSURE TRASPARENTI VERTICALI	COPERTURA	SOLAIO DI PRIMO CALPESTIO
	 U=0,33 cappotto esterno	 pvc_low-e_argon	 tetto rovescio	 solaio controterra
	 U=0,22 cappotto esterno	 pvc_low-e_aria	 isolamento all'intradosso	
	 placcaggio interno	 legno_low-e_argon	 cool roof	
	 isolamento in intercapedine	 legno_low-e_aria	 tetto giardino	
IMPIANTO	IMPIANTO DI RISCALDAMENTO			
	 caldaia	 termostati		

FIG.3- Interventi di riqualificazione energetica selezionati

In particolare sono state considerate 4 alternative per la chiusura verticale opaca/trasparente e la copertura. I materiali utilizzati sono stati:

- un pannello isolante celenit F2/C 85 per il cappotto esterno 1;
- un pannello isolante celenit F2/C 125 per il cappotto esterno 2;
- un pannello isolante celenit F2/C 105 per la controparete interna;
- fibra di cellulosa isocel per l'isolamento in intercapedine;
- pannello isolante Beton wood FIBER THERM (lana di legno) per il tetto rovescio, il cool roof e l'isolamento all'intradosso;
- sistema DAKU estensivo per il tetto giardino;

- Infissi in PVC a taglio termico con vetrocamera bassoemissivo e camera d'aria riempita con aria o argon;
- Infissi in legno massiccio con vetrocamera bassoemissivo e camera d'aria riempita con aria o argon;
- Caldaia a condensazione 4*;
- Normali valvole termostatiche.

4.3 La valutazione degli scenari

La valutazione multicriterio è uno strumento, utilizzato in vari campi quali la pianificazione, l'ecologia, le telecomunicazioni, la finanza ecc., utile per attivare un processo dialogico/comunicativo tra i differenti attori (tecnici, progettisti, pianificatori, politici, ecc.) coinvolti nel processo decisionale. Essa è uno strumento tecnico orientato a supportare il decisore qualora si trovi ad operare in contesti decisionali complessi e conflittuali.

L'analisi multicriterio si può far risalire all'approccio di ottimo economico di Vilfredo Pareto, basato sull'ipotesi che bisogna tener conto di una pluralità di interessi, molti dei quali spesso in conflitto. Essa nasce pertanto dal riconoscimento della centralità del conflitto e dalla necessità di trovare delle soluzioni, attraverso l'ampliamento del quadro di riferimento. Per la risoluzione dei conflitti è possibile considerare un insieme di soluzioni efficienti dal punto di vista parietano. Ciò significa che si è chiamati a confrontare molteplici alternative, cioè ad elaborare dei trade-off tra obiettivi/criteri conflittuali.⁷

Le tecniche di analisi multicriterio consentono di assegnare delle priorità ad una serie di alternative decisionali disponibili (opzioni) mettendo in relazione aspetti di tipo qualitativo e quantitativo. Lo scopo è produrre un ordinamento univoco tra alternative ed individuare la soluzione "ottimale", che garantisca la funzione del benessere economico-sociale-ambientale⁸, in un gioco a somma positiva in cui nessun aspetto risulta perdente.

Nel processo decisionale si possono distinguere tre fasi:

- la formulazione di alternative o scenari;
- la valutazione delle alternative che viene effettuata in base ad uno o più criteri, eventualmente quantificabili tramite indicatori;
- la scelta, ossia la selezione di un'opzione, tra quelle prese in considerazione, in base all'esito della valutazione effettuata.

⁷ FUSCO GIRARD L.; NIJKAMP P., *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, FrancoAngeli, Milano 1997, pp 123-124

⁸ Costituiscono le tre componenti dello sviluppo sostenibile.

I metodi di analisi multicriterio si articolano generalmente in quattro fasi principali:

- la costruzione di una o più matrici di valutazione;
- l'assegnazione di pesi;
- il calcolo degli ordinamenti;
- l'analisi di sensitività (che può essere facoltativa).

Al fine di individuare, prima, la soluzione preferibile fra più alternative previste da alcuni interventi di riqualificazione (chiusure verticali opache/trasparenti e coperture) e, poi, gli scenari preferibili tra più alternative disponibili (opzioni), ottenute associando fra loro 2, 3, 4 e 5 interventi, ci si è avvalsi delle analisi multicriterio.

4.3.1 La selezione dei criteri e degli indicatori

I criteri sono definiti come indicatori, misurabili in modo qualitativo e/o quantitativo, delle prestazioni o degli impatti delle alternative analizzate. Essi sono lo strumento attraverso il quale le varie alternative vengono comparate l'una all'altra rispetto all'obiettivo del decisore e possono essere suddivisi in sotto-criteri. La fattibilità di un'opera viene valutata da diversi punti di vista che si possono raggruppare in 5 criteri principali: tecnico, ambientale, finanziario, economico-sociale e procedurale. Nel caso specifico, poiché l'obiettivo è migliorare le prestazioni energetiche degli edifici riducendo i consumi energetici e le emissioni di CO₂ in relazione anche ad un buon rapporto costo/qualità/tempo sono stati selezionati i criteri relativi alla sostenibilità economica, alla sostenibilità ambientale ed alla fattibilità tecnica.

Per ciascun criterio sono stati individuati dei sotto-criteri o indicatori.

SOSTENIBILITÀ ECONOMICA:

Costo unitario (€/mq), riferito al costo al mq di ciascun intervento;

Costo totale (€), riferito al costo complessivo dell'intervento ottenuto dal prodotto fra il costo unitario e la quantità espressa in mq;

Risparmio economico (€/anno), riferito ai costi di gestione energetica dell'edificio, che si calcola trasformando il fabbisogno di energia termica in metri

cubi di combustibile e moltiplicandolo per il costo unitario, se è noto il potere calorifico inferiore del combustibile usato.

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE:

Classe energetica: scala dei consumi di un edificio identificata con le lettere A+, A, B, C, D, E, F, G, che sono assegnate in base al fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento invernale, espresso in kWh/anno per mq di superficie utile o in kWh/anno per metro cubo di volume.

Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPI) (kWh/m³anno): consumo totale di energia primaria per il riscaldamento invernale (in regime continuo degli impianti su 24h) riferito all'unità di volume lordo) poiché si tratta di edifici non residenziali;

Emissioni di CO₂ (Kg/m³anno): quantità di CO₂ emessa in atmosfera che dipende dal fabbisogno di energia termica per il riscaldamento;

Fabbisogno di energia termica dell'edificio (kWh): quantità di calore che deve essere fornita o sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere le condizioni di temperatura desiderate durante un dato periodo di tempo;

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale (kWh/anno): energia fornita all'edificio da un impianto di riscaldamento/raffrescamento partendo dal fabbisogno dell'involucro e tenendo conto dei rendimenti dell'impianto scelto;

Coefficiente globale di trasmissione termica dell'edificio (W/k): espressione quantitativa relativa alle dispersioni termiche di un edificio, cioè al flusso termico di calore scambiato tra due ambienti a temperature differenti (ad esempio scambio termico attraverso le pareti tra ambiente interno ed esterno, ecc.);

Trasmittanza termica U (Wm²/k): grandezza fisica che misura la quantità di calore scambiato da un materiale o un corpo per unità di superficie e unità di temperatura e definisce la capacità isolante di un elemento;

Sfasamento φ (h): arco di tempo che serve all'onda termica per fluire dall'esterno all'interno attraverso un materiale edile;

Trasmittanza termica periodica Ψ_{ie} (Wm²/k): esprime la capacità di un componente edilizio di attenuare e sfasare nel tempo il flusso termico

proveniente dall'esterno che lo attraversa nell'arco delle ventiquattro ore di una giornata;

Riduzione Epi (%): riferita alla riduzione in termini percentuali di Epi ottenuta con un intervento di efficienza energetica.

Riduzione emissioni di CO₂ (%): riferita alla riduzione in termini percentuali di CO₂ ottenuta con un intervento di efficienza energetica.

Riduzione del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale (%): riferita alla riduzione in termini percentuali del fabbisogno di energia ottenuta con un intervento di efficienza energetica;

Risparmio energetico (kWh/anno): riferito al risparmio annuo di energia in fonte primaria previsto con un intervento di efficienza energetica;

Materiale ecocompatibile (Si-No): riferito all'uso o meno di materiali ecocompatibili

Riduzione effetto isola di calore (Si-No): riferito alla riduzione o meno dell'effetto isola di calore, nel caso specifico delle coperture.

FATTIBILITÀ TECNICA:

Tempo di realizzazione (giorni): riferito al tempo necessario per effettuare l'intervento di efficienza energetica;

Sospensione delle attività didattiche (Si-No): riferito al fatto che alcuni interventi richiedono la sospensione delle attività poiché si effettuano dall'interno;

Necessità di impalcatura esterna (Si-No): indicatore legato a quello di sopra poiché gli interventi che si effettuano all'interno non richiedono il montaggio di ponteggi esterni.

CRITERI	SOSTENIBILITÀ ECONOMICA	SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE	FATTIBILITÀ TECNICA
INDICATORI	<ul style="list-style-type: none"> Costo unitario Costo totale Risparmio economico 	<ul style="list-style-type: none"> Classe energetica Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (Epi) Emissioni di CO2 Fabbisogno di energia termica dell'edificio Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale Coefficiente globale di trasmissione termica dell'edificio Trasmittanza termica Sfasamento Trasmittanza termica periodica Riduzione Epi Riduzione emissioni di CO2 Riduzione del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale Risparmio energetico Materiale ecocompatibile Riduzione effetto isola di calore 	<ul style="list-style-type: none"> Tempo di realizzazione Sospensione attività didattiche Necessità di impalcatura esterna

Fig. 5- Tabella dei criteri e degli Indicatori

Gli indicatori economici e di fattibilità tecnica (costo unitario, tempo di realizzazione, necessità di impalcatura esterna) sono stati ricavati effettuando un'analisi dei prezzi degli interventi di riqualificazione energetica selezionati.

L'analisi ha tenuto conto dei costi di manodopera, dei materiali, dei mezzi d'opera, delle spese generali e degli utili. Mentre quelli di sostenibilità ambientale sono stati ricavati dai protocolli di valutazione della qualità ambientale degli edifici (LEED, ITACA, UNI).

4.3.2 La costruzione della matrice di valutazione multicriterio

Il modello valutativo è strutturato mediante una matrice di valutazione (detta anche matrice d'impatto): una matrice bidimensionale $n \times m$ dove una dimensione rappresenta gli n criteri e l'altra le m opzioni di scelta (alternative di progetto o di processo). In essa vengono registrati gli $n \times m$ indicatori che possono avere diverse unità di misura quantitativa (misurazioni), qualitativa (giudizi verbali, numeri con valori ordinali, simboli) o mista a seconda del criterio considerato.

	A1	A2	A3
C1	0,4	0,8	0,6
C2	60	40	65
C3	++	-	+

Fig. 6- Esempio di una matrice di valutazione di 3 Alternative (A1, A2, A3) rispetto a tre Criteri (C1, C2, C3). L'elemento della matrice è identificato come a_{ij}

Nel caso specifico le matrici sono due: una costituita da 4 alternative rispetto ad n criteri per gli interventi di riqualificazione che presentano più opzioni come le chiusure verticali opache/trasparenti e le coperture, ed una costituita da m alternative rispetto ad n criteri per tutti i possibili scenari che si vengono a creare associando fra loro 2, 3, 4 e 5 interventi di riqualificazione.

Criteri	Indicatori	Unità di misura	Stato di fatto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Sostenibilità economica	Costo unitario	€/mq					
	Costo totale	€					
	Risparmio economico	€/anno					
Sostenibilità ambientale	Classe energetica	classe					
	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale EPI	kWh/m²anno					
	Emissioni di CO2	Kg/m²anno					
	Fabbisogno di energia termica dell'edificio	kWh					
	Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	kWh/anno					
	Coefficiente globale di trasmissione termica dell'edificio	W/K					
	Trasmittanza termica (U)	W/m²K					
	Sfasamento (φ)	h					
	Trasmittanza termica periodica (Ψ_{ie})	W/m²K					
	Riduzione EPI	%					
	Riduzione Emissione di CO2	%					
	Riduzione fabbisogno di energia termica dell'edificio	%					
	Riduzione fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	%					
	Risparmio energetico	kWh/anno					
	Materiale ecocompatibile	Si-No					
	Riduzione effetto isola di calore	Si-No					
Fattibilità tecnica	Tempo di realizzazione	giorni					
	Sospensione attività didattiche	Si-No					
	Necessità di impalcatura esterna	Si-No					

FIG. 7- Matrice di valutazione di 4 alternative rispetto ai criteri e indicatori individuati, per gli interventi di riqualificazione che presentano più opzioni (chiusure verticali opache/trasparenti, e coperture).

Criteri	Indicatori	Unità di misura	Stato di fatto	Scenario A	Scenario B	Scenario nn
Sostenibilità economica	Costo totale	€				
	Risparmio economico	€/anno				
Sostenibilità ambientale	Classe energetica	classe				
	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale EPI	kWh/m²anno				
	Emissioni di CO2	Kg/m²anno				
	Fabbisogno di energia termica dell'edificio	kWh				
	Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	kWh/anno				
	Coefficiente globale di trasmissione termica dell'edificio	W/K				
	Riduzione EPI	%				
	Riduzione Emissione di CO2	%				
	Riduzione fabbisogno di energia termica dell'edificio	%				
	Riduzione fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	%				
	Risparmio energetico	kWh/anno				
	Materiale ecocompatibile	Si-No				
	Riduzione effetto isola di calore	Si-No				
Fattibilità tecnica	Tempo di realizzazione	giorni				
	Sospensione attività didattiche	Si-No				
	Necessità di impalcatura esterna	Si-No				

FIG. 8- Matrice di valutazione di m alternative rispetto ai criteri e indicatori individuati per gli scenari.

4.3.3 Il metodo Evamix

Si definisce metodo di valutazione un procedimento che è in grado di dedurre in modo argomentato una graduatoria di priorità tra alternative. Nei metodi multicriteri qualitativi le informazioni quantitative disponibili vengono utilizzate solo in parte. Per tale motivo sono state elaborate alcune procedure in grado di utilizzare insieme informazioni qualitative e quantitative come, ad esempio, il metodo Evamix applicato in questo caso.

Esso ha come dato di partenza una matrice di valutazione E , i cui elementi e_{ij} possono essere espressi su scala ordinale o cardinale a seconda del criterio, dando così origine ad una matrice quanti-qualitativa. Il principio su cui si fonda la procedura Evamix è il trattamento separato dei criteri qualitativi e di quelli quantitativi.

Dal punto di vista procedurale questo approccio consiste in cinque fasi:

1. distinguere tra criteri ordinali e criteri cardinali;
2. calcolare il punteggio di dominanza per tutti i criteri ordinali e cardinali;
3. calcolare il punteggio di dominanza standardizzato per tutti i criteri ordinali e cardinali;
4. calcolare i punteggi di dominanza complessivi;
5. calcolare i punteggi risultato della valutazione.

Dopo aver costruito la matrice di valutazione, si divide l'insieme di criteri in due sotto-insiemi, chiamati "O" e "C", dove O contiene tutti i criteri ordinali (qualitativi) e C tutti i criteri cardinali (quantitativi) ottenendo due distinte matrici di valutazione: E_o (criteri ordinali/alternative) ed E_c (criteri cardinali/alternative). In questo modo le differenze tra le alternative possono essere espresse attraverso due valutazioni di dominanza: la prima basata su criteri ordinali, la seconda su criteri cardinali. In particolare per costruire il punteggio di dominanza cardinale, le componenti di E_c vengono standardizzate rispetto ad una unità comune; in questo modo tutti i criteri quantitativi sono espressi su di una scala da 0 a 1. Ai criteri quantitativi e qualitativi si possono assegnare anche dei pesi. Nel secondo step si calcolano i punteggi di dominanza

per tutti i criteri ordinali e cardinali; questi punteggi riflettono il grado per cui un'opzione domina un'altra rispettivamente per i criteri ordinali e cardinali.

Successivamente (step 3) i punteggi di dominanza vengono standardizzati in base alla stessa unità di misura in modo da renderli comparabili, ed ottenendo due "misure di dominanza" per tutti i criteri.

Quindi (step 4) viene calcolata una misura della dominanza complessiva per ciascuna coppia di alternative (definendo il grado in cui un'opzione domina un'altra).

Infine (step 5), a partire dalla misura della dominanza complessiva vengono calcolati "dei punteggi di valutazione" per ciascuna opzione: il risultato che si ottiene è un ranking completo di opzioni e l'opzione preferibile sarà caratterizzata dal punteggio più elevato⁹.

4.3.4 Il software Definite

I metodi di valutazione multicriterio sono utilizzabili concretamente con programmi operativi di software, come il Definite 2.0. Il programma, elaborato da Herwijnen e Janssen (1988-1992) include sia valutazioni monetarie come l'analisi costi/benefici che valutazioni multicriterio, fra cui il metodo Evamix.

La struttura del programma è organizzata nelle seguenti fasi:

Fase A- Definizione del problema: rappresentata dalla matrice dei criteri (quantitativi, qualitativi e misti);

Fase B- Presentazione del problema: rappresentata in termini numerici e grafici con lo schema tipico delle analisi economiche;

Fase C- Valutazioni: consente di dedurre una graduatoria di priorità tra le alternative;

Fase D- Analisi di sensitività: serve per verificare la graduatoria di priorità dedotta in precedenza, con delle variazioni nel quadro dei criteri per tener conto dell'incertezza, dei valori stimati, dei pesi ipotizzati;

⁹ Cfr Fusco Girard L., Cerreta M., De Toro P., Garzillo C., (a cura di), "il metodo Evamix" in L'attuazione delle strategie di valutazione integrate, estratto del lavoro per il Progetto Europeo Leonardo da Vinci 2000-2006, Development of Competencies and Skills in Local Agenda 21 Process.

Fase E- Conclusioni: combina tutte le precedenti valutazioni in un quadro complessivo che tiene conto della pluralità dei soggetti e delle diverse prospettive¹⁰.

Le varie fasi sono schematizzate nelle figure di seguito riportate.

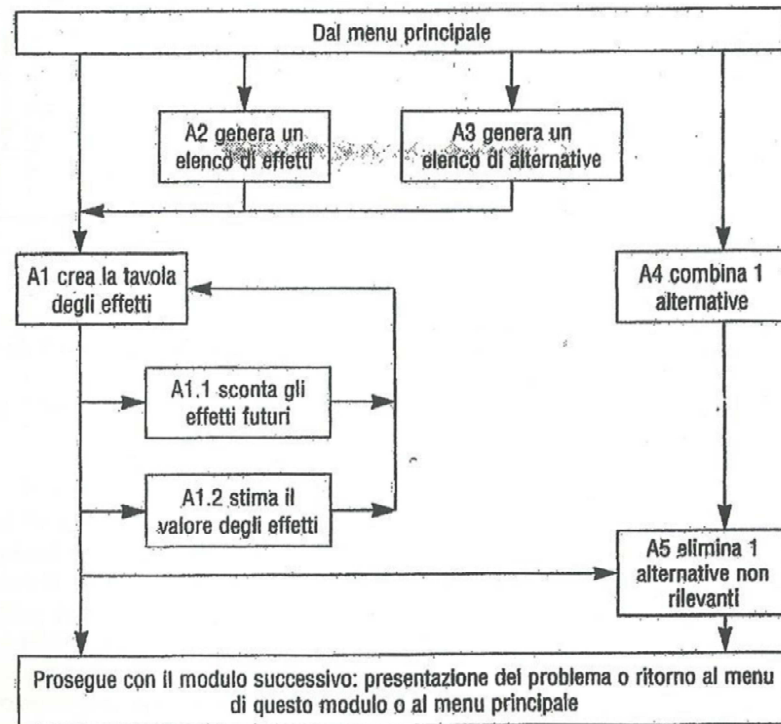


FIG. 9- Fase A- Definizione del problema

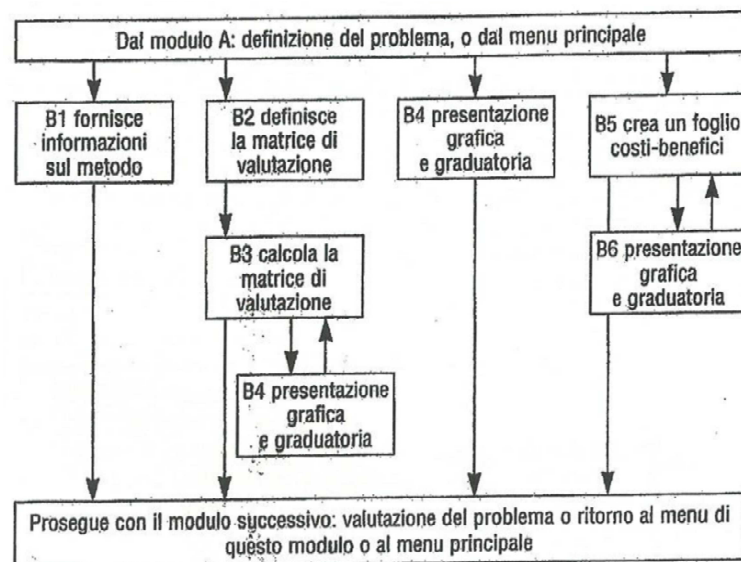


FIG. 10- Fase B- Presentazione del Problema

¹⁰ Ibidem nota 3 pp. 168-173

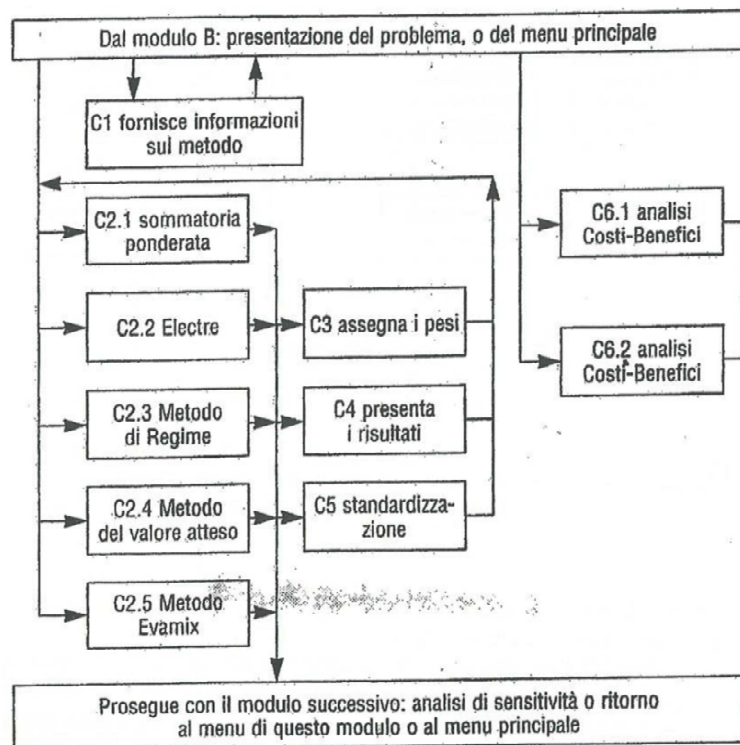


FIG. 11- Fase C- Valutazioni

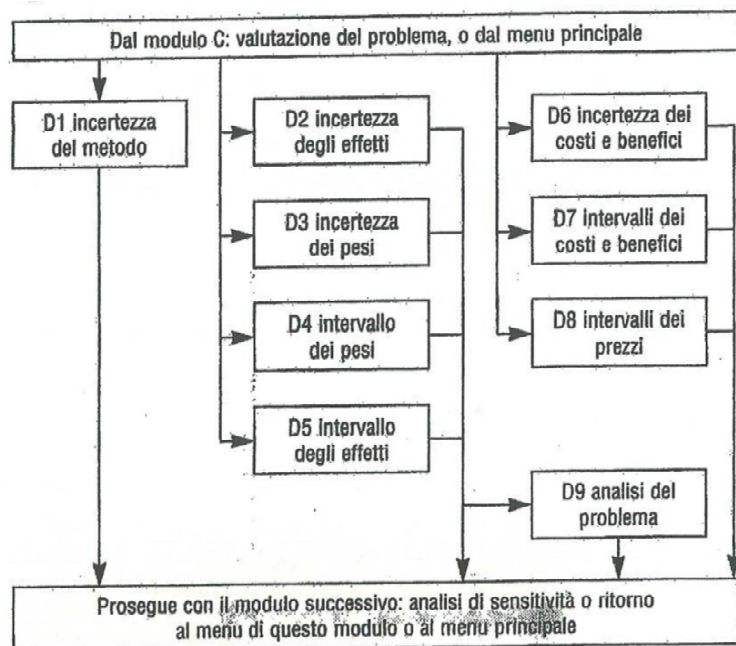


FIG. 12- Fase D- Analisi di sensitività

5. Il caso applicativo: I.C.S. 26° Imbriani “Plesso Borelli”

5.1 Analisi multicriterio e individuazione degli scenari preferibili



Tra i casi studio esaminati in precedenza è stato selezionato come caso applicativo l'Istituto I.C.S. 26° Imbriani “Plesso Borelli”. Tale edificio è stato scelto per due motivi: uno legato al rapporto di forma, caratterizzato da un indice S_d/V basso, dovuto alla sua compattezza e alle

poche superfici disperdenti, l'altro relativo al sistema costruttivo a telaio in cemento armato (il più ricorrente) ma soprattutto alla stratigrafia dei muri di tamponamento, costituita da due blocchi con intercapedine d'aria, che ha permesso di avere un'alternativa in più fra gli interventi di riqualificazione energetica relativi alle chiusure verticali opache.

Scelto il caso applicativo, per individuare le soluzioni preferibili, fra le quattro alternative previste dagli interventi di riqualificazione relativi alle chiusure verticali opache/trasparenti e alle coperture, si è proceduto nel modo seguente/sono stati eseguiti i passaggi seguenti:

- 1- è stato effettuato il calcolo della certificazione energetica dello stato di fatto, con l'utilizzo del software Bestclass, dalla quale sono stati ricavati i valori relativi all'EPI, alle emissioni di CO_2 , al fabbisogno di energia termica, al fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e al coefficiente globale di trasmissione termica dell'edificio;
- 2- lo stesso procedimento è stato eseguito con gli interventi di riqualificazione energetica relativi alle chiusure verticali opache/trasparenti e alle coperture che prevedevano più alternative;

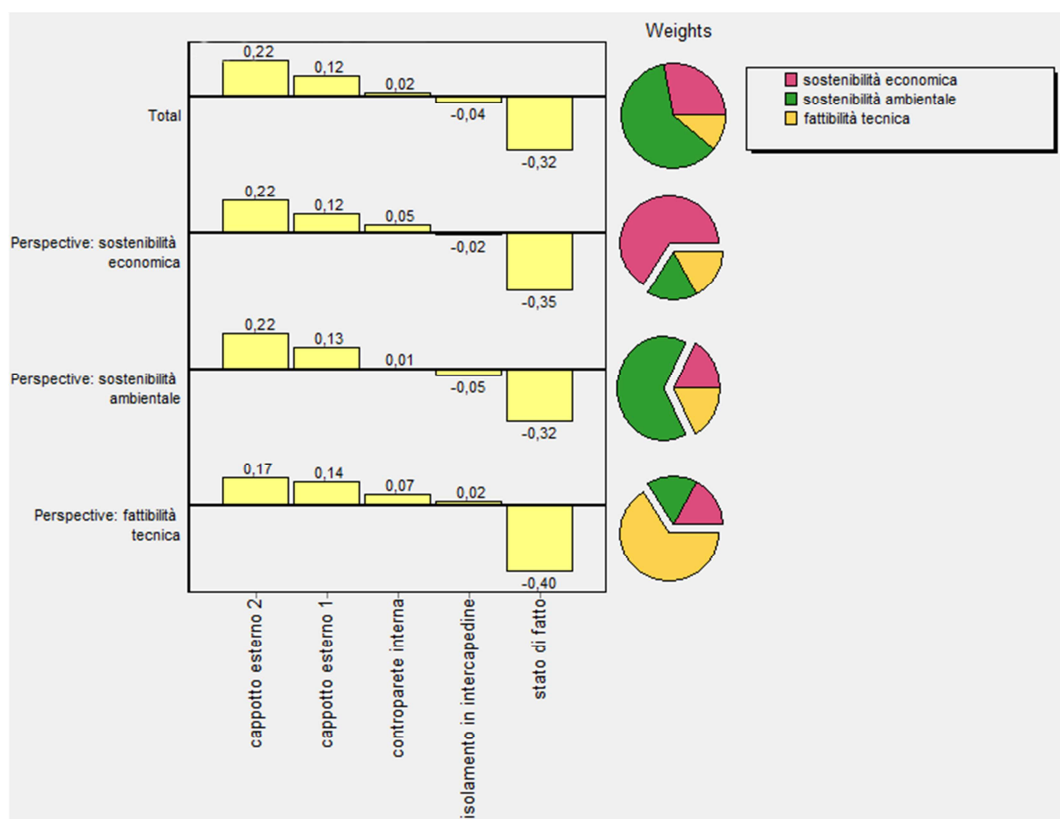
- 3- ricavati i dati dello stato di fatto e quelli degli interventi di miglioria è stata calcolata la riduzione di EPI, delle emissioni di CO₂, del fabbisogno di energia termica dell'edificio e di energia primaria per la climatizzazione invernale e il risparmio energetico;
 - 4- sono stati inseriti tutti i dati raccolti nella matrice di valutazione multicriterio;
 - 5- è stata effettuata l'analisi multicriterio con l'ausilio del software Definite;
 - 6- è stata scelta la soluzione preferibile tra quelle prese in considerazione, in base all'esito della valutazione;
 - 7- sono stati individuati gli scenari dati dall'associazione di 2, 3, 4 e 5 interventi;
 - 8- la stessa procedura è stata ripetuta per individuare gli scenari preferibili tra le varie opzioni che si sono venute a creare;
- sono stati scelti gli scenari preferibili tra quelli presi in considerazione in base all'esito della valutazione effettuata;
 - infine sono stati definiti gli scenari di Progressive Upgrade.

Chiusura Opaca Verticale

Criteri	Indicatori	Unità di misura	Stato di fatto	Cappotto esterno 1	Cappotto esterno 2	Placcaggio interno	Isolamento in intercapedine
Sostenibilità economica	Costo unitario	€/mq	0	62	74	56	30
	Costo totale	€	0	122078	145706	93744	50220
	Risparmio economico	€/anno	0	1508	1767	1442	1336
Sostenibilità ambientale	Classe energetica	classe	F	F	E	E	F
	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale EPI	kWh/m²anno	8,88	6,82	6,46	6,69	6,85
	Emissioni di CO2	Kg/m²anno	1,76	1,35	1,28	1,33	1,36
	Fabbisogno di energia termica dell'edificio	kWh	110470,39	84788,8	80374,78	83183,71	85190,08
	Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	kWh/anno	163728,49	125665,74	119123,7	123286,82	126260,47
	Coefficiente globale di trasmissione termica dell'edificio	W/K	4451,58	3416,7	3238,83	3352,02	3432,87
	Trasmittanza termica (U)	W/m²K	0,97	0,33	0,22	0,29	0,34
	Sfasamento (φ)	h	8,01	13,96	17,54	13,24	9,98
	Inerzia termica (Ψie)	W/m²K	0,45	0,045	0,017	0,046	0,125
	Riduzione EPI	%	0	23,20	27,25	24,66	22,86
	Riduzione Emissioni di CO2	%	0	23,30	27,27	24,43	22,73
	Riduzione fabbisogno di energia termica dell'edificio	%	0	23,25	27,24	24,70	22,88
	Riduzione fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	%	0	23,25	27,24	24,70	22,88
	Risparmio energetico	kWh/anno	0	22085,66	25881,63	21119,41	19566,51
	Materiale ecocompatibile	Si-No	No	Si	Si	Si	Si
Fattibilità tecnica	Tempi di realizzazione	giorni	0	54	54	32	27
	Sospensione attività didattiche	Si-No	No	No	No	Si	Si
	Necessità di impalcatura esterna	Si-No	No	Si	Si	No	No



FIG. 1- Matrice relativa alle quattro alternative proposte per gli interventi di riqualificazione energetica delle chiusure opache verticali

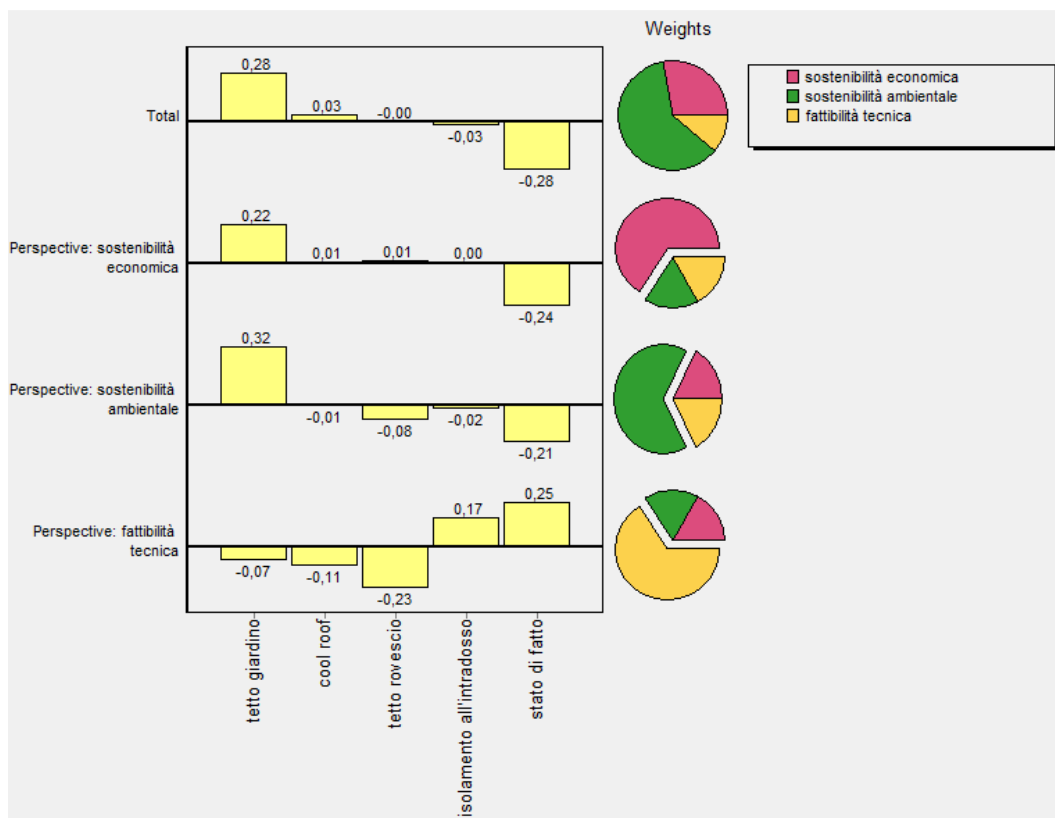


La soluzione preferibile o “ottimale” emersa dall’esito dell’analisi è il cappotto esterno 2, seguono il cappotto esterno 1, la controparete interna, e l’isolamento in intercapedine.

Chiusura Orizzontale Superiore

Criteri	Indicatori	Unità di misura	Stato di fatto	Tetto rovescio	Isolamento all'intradosso	Cool roof	Tetto giardino
Sostenibilità economica	Costo unitario	€/mq	0	30	41	35	80
	Costo totale	€	0	25687	31036	29614	75200
	Risparmio economico	€/anno	0	600	540	600	701
Sostenibilità ambientale	Classe energetica	classe	F	F	F	F	F
	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale EPI	kWh/m²anno	8,88	7,55	7,55	7,55	7,4
	Emissioni di CO2	Kg/m²anno	1,76	1,5	1,5	1,5	1,47
	Fabbisogno di energia termica dell'edificio	kWh	110470,39	93901,2	93901,2	93901,2	91996,7
	Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	kWh/anno	163728,49	139171,25	139171,25	139171,25	136348,58
	Coefficiente globale di trasmissione termica dell'edificio	W/K	4451,58	3783,9	3783,9	3783,9	3707,15
	Trasmittanza termica (U)	W/m²K	1,15	0,28	0,28	0,28	0,18
	Sfasamento (φ)	h	8,01	15,48	14,81	14,11	15,16
	Inerzia termica (Ψie)	W/m²K	0,45	0,023	0,031	0,021	0,009
	Riduzione EPI	%	0	14,98	14,98	14,98	16,67
	Riduzione di Emissione di CO2	%	0	14,77	14,77	14,77	16,48
	Riduzione del fabbisogno di energia termica dell'edificio	%	0	15,00	15,00	15,00	16,72
	Riduzione del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	%	0	15,00	15,00	15,00	16,72
	Risparmio energetico	kWh/anno	0	8784,86	7906,38	8784,86	10273,82
	Materiale ecocompatibile	Si-No	No	Si	Si	Si	Si
	Riduzione effetto isola di calore	Si-No	No	Si	No	Si	Si
Fattibilità tecnica	Tempi di realizzazione	giorni	0	15	20	17	25
	Sospensione attività didattiche	Si-No	No	No	Si	No	No
	Necessità di impalcatura esterna	Si-No	No	Si	No	Si	Si

FIG. 2- Matrice relativa alle quattro alternative proposte per gli interventi di riqualificazione energetica delle coperture

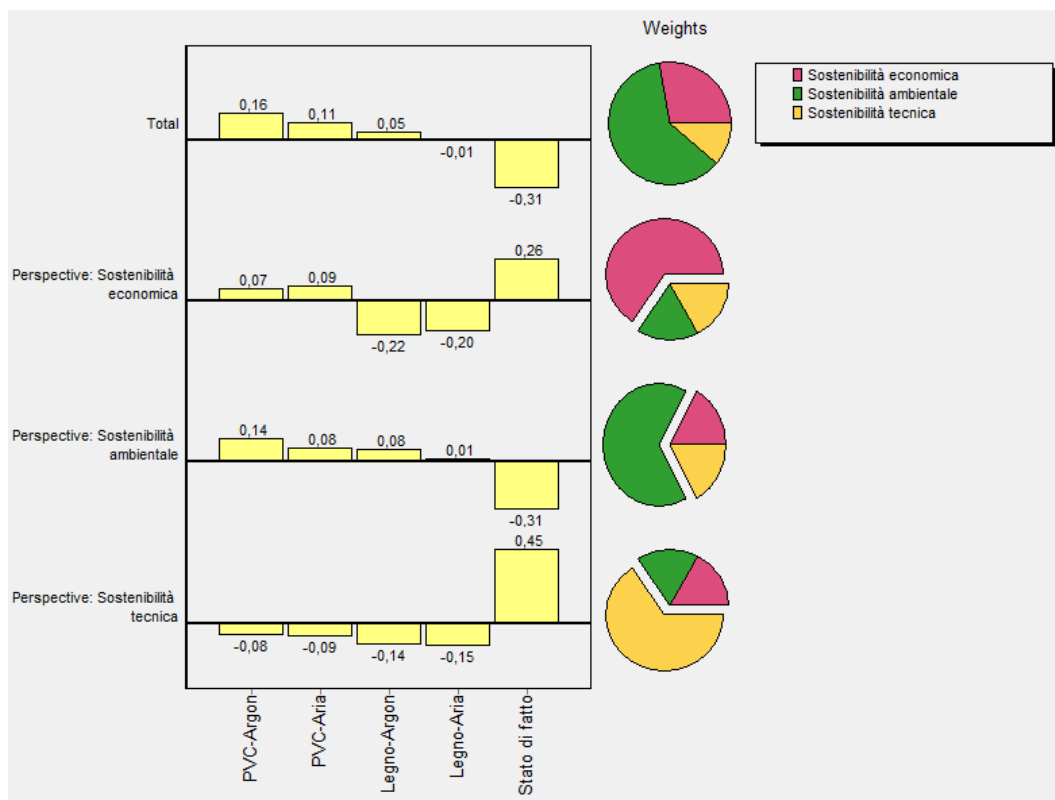


La soluzione preferibile o “ottimale” emersa dall’esito dell’analisi è il Tetto giardino, seguono il cool roof, il tetto rovescio, e l’isolamento all’intradosso.

Chiusura Opaca Trasparente

Criteri	Indicatori	Unità di misura	Stato di fatto	PVC+Vetro Low-e_Aria	PVC+Vetro Low-e_Argon	LEGNO+Vetro Low-e_Aria	LEGNO+Vetro Low-e_Argon
Sostenibilità economica	Costo unitario	€/mq	0	423	453	523	553
	Costo totale	€	0	148896	159607	184096	194626
	Risparmio economico	€/anno	0	926	1028	918	1019
Sostenibilità ambientale	Classe energetica	classe	F	F	F	F	F
	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale EPI	kWh/m²anno	8,88	7,9	7,76	7,97	7,83
	Emissioni di CO2	Kg/m²anno	1,76	1,57	1,54	1,58	1,55
	Fabbisogno di energia termica dell'edificio	kWh	110470,39	98234,11	96486,07	99108,13	97360,09
	Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	kWh/anno	163728,49	145593,07	143002,3	146888,46	144297,68
	Coefficiente globale di trasmissione termica dell'edificio	W/K	4451,58	3958,5	3888,06	3993,72	3923,28
	Trasmittanza termica (U)	W/m²K	4,04	1,84	1,6	1,86	1,62
	Riduzione EPI	%	0	11,04	12,61	10,25	11,82
	Riduzione di Emissioni di CO2	%	0	10,80	12,50	10,23	11,93
	Riduzione del fabbisogno di energia termica dell'edificio	%	0	11,08	12,66	10,29	11,87
	Riduzione del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	%	0	11,08	12,66	10,29	11,87
	Risparmio energetico	kWh/anno	0	13573,01	15053,7	13449,62	14930,31
Fattibilità tecnica	Tempi di realizzazione	giorni	0	25	25	25	25
	Sospensione attività didattiche	Si-No	No	SI	SI	SI	SI
	Necessità di impalcatura esterna	Si-No	No	No	NO	No	NO

FIG. 3- Matrice relativa alle quattro alternative proposte per gli interventi di riqualificazione energetica degli infissi



La soluzione preferibile o “ottimale” emersa dall’esito dell’analisi è l’infisso PVC a taglio termico con vetrocamera bassoemissivo e camera d’aria riempita con argon, seguono l’infisso PVC a taglio termico con vetrocamera bassoemissivo e camera d’aria riempita con aria, infisso in legno massiccio con vetrocamera bassoemissivo e camera d’aria riempita con argon e infisso in legno massiccio con vetrocamera bassoemissivo e camera d’aria riempita con aria.

Individuate le soluzioni preferibili sono stati individuati tutti gli scenari possibili ottenuti associando 2, 3, 4 e 5 interventi fra loro.

Al fine di individuare gli scenari preferibili, per poi definire gli scenari di progressive upgrade, è stata ripetuta la stessa procedura utilizzata in precedenza:

- Calcolo certificazione energetica
- Inserimento dati nella matrice di valutazione
- Analisi multicriterio

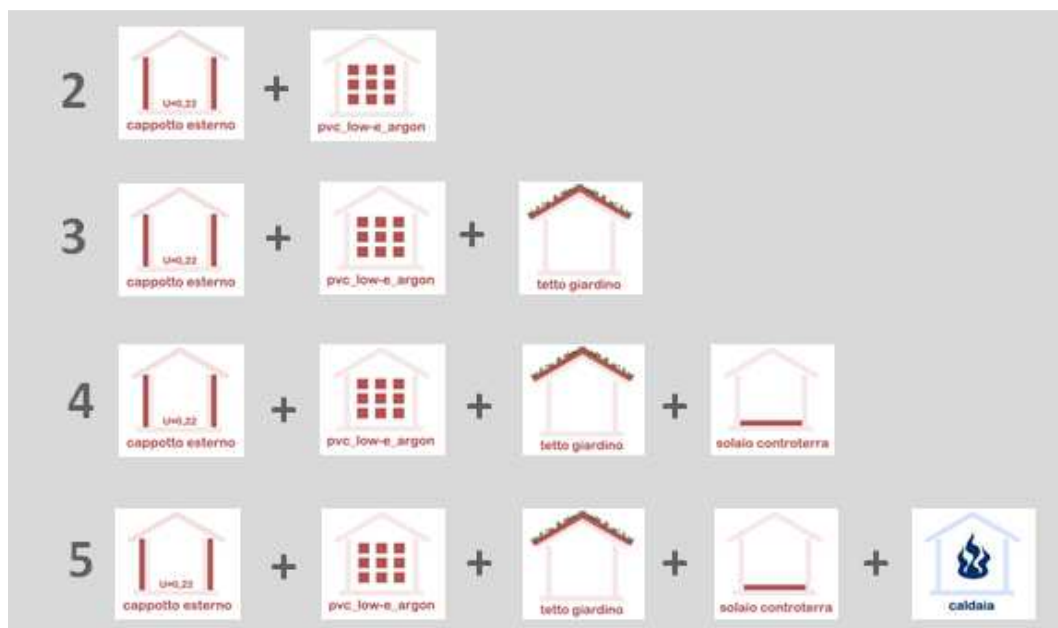

















































FIG. 4- Associazione degli interventi

SCENARI OTTENUTI ASSOCIANDO 2 INTERVENTI					Costo totale (€)	Classe energetica	Scenario
Interventi							
					214765	E	A
					306372	E	B
					235380	E	C
					171765	E	D
					148765	E	E
					156615	E	F
					227607	E	G
					93000	E	H
					70000	E	I
					248222	F	L

 pvc_low-e_argon	 caldaia				184607	F	M
 pvc_low-e_argon	 termostati				161607	F	N
 solalo controterra	 termostati				90615	F	O
 solalo controterra	 caldaia				113615	F	P
 termostati	 caldaia				27000	F	Q

SCENARI OTTENUTI ASSOCIANDO 3 INTERVENTI							
Interventi					Costo totale (€)	Classe energetica	Scenario
 cappotto esterno	 tetto giardino	 solalo controterra			303380	D	A
 cappotto esterno	 tetto giardino	 pvc_low-e_argon			374372	D	B
 cappotto esterno	 tetto giardino	 termostati			216765	D	C
 cappotto esterno	 tetto giardino	 caldaia			239705	D	D
 cappotto esterno	 solalo controterra	 pvc_low-e_argon			394987	D	E
 cappotto esterno	 solalo controterra	 termostati			237380	D	F
 cappotto esterno	 solalo controterra	 caldaia			260380	D	G
 cappotto esterno	 pvc_low-e_argon	 termostati			308372	D	H
 cappotto esterno	 pvc_low-e_argon	 caldaia			331372	D	I
 cappotto esterno	 caldaia	 termostati			173765	E	L
 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 termostati			229607	E	M
 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 caldaia			252607	E	N

 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 solaio controterra			316222	E	O
 tetto giardino	 caldaia	 termostati			95000	E	P
 tetto giardino	 solaio controterra	 termostati			158615	E	Q
 tetto giardino	 solaio controterra	 caldaia			181615	E	R
 pvc_low-e_argon	 solaio controterra	 caldaia			273222	E	S
 pvc_low-e_argon	 solaio controterra	 termostati			250222	E	T
 pvc_low-e_argon	 caldaia	 termostati			186607	E	U
 solaio controterra	 caldaia	 termostati			115615	E	V

SCENARI OTTENUTI ASSOCIANDO 4 INTERVENTI							
Interventi					Costo totale (€)	Classe energetica	Scenario
 cappotto esterno	 tetto giardino	 solaio controterra	 pvc_low-e_argon		462987	B	A
 cappotto esterno	 tetto giardino	 solaio controterra	 termostati		305380	C	B
 cappotto esterno	 tetto giardino	 solaio controterra	 caldaia		328380	C	C
 cappotto esterno	 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 termostati		376372	C	D
 cappotto esterno	 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 caldaia		399372	C	E
 cappotto esterno	 tetto giardino	 caldaia	 termostati		241765	C	F
 cappotto esterno	 solaio controterra	 pvc_low-e_argon	 termostati		396987	C	G
 cappotto esterno	 solaio controterra	 pvc_low-e_argon	 caldaia		419987	C	H
 cappotto esterno	 solaio controterra	 caldaia	 termostati		262380	D	I

 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 solaio controterra	 termostati		318222	D	L
 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 solaio controterra	 caldaia		341222	D	M
 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 caldaia	 termostati		254607	D	N
 pvc_low-e_argon	 solaio controterra	 caldaia	 termostati		275222	D	O

SCENARI OTTENUTI ASSOCIANDO 5 INTERVENTI							
Interventi					Costo totale (€)	Classe energetica	Scenario
 cappotto esterno U=0,22	 tetto giardino	 solaio controterra	 pvc_low-e_argon	 termostati	464987	B	A
 cappotto esterno U=0,22	 tetto giardino	 solaio controterra	 pvc_low-e_argon	 caldaia	487987	B	B
 cappotto esterno U=0,22	 tetto giardino	 solaio controterra	 caldaia	 termostati	330380	C	C
 cappotto esterno U=0,22	 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 caldaia	 termostati	401372	B	D
 tetto giardino	 pvc_low-e_argon	 solaio controterra	 caldaia	 termostati	343222	D	E

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti dall'analisi multicriterio.

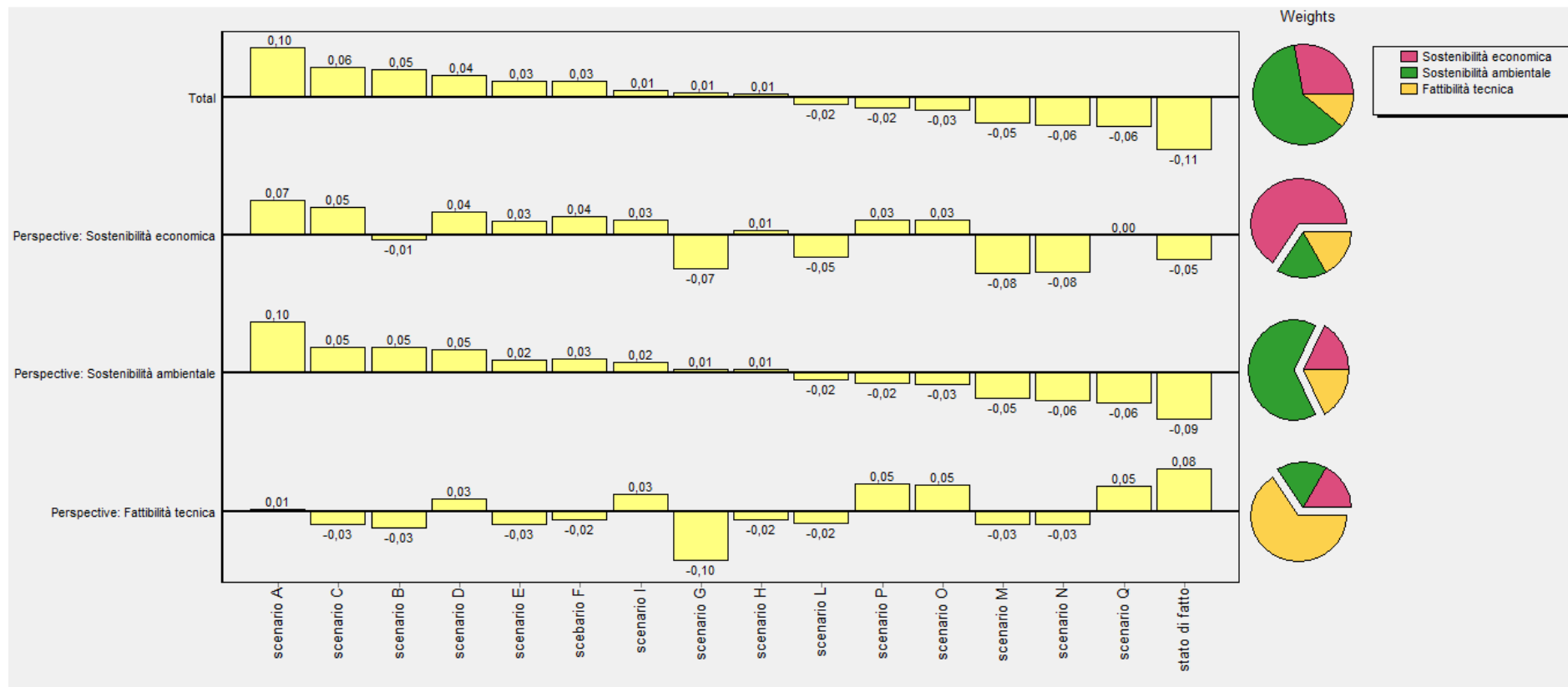


Fig. 5- Risultati analisi multicriterio per gli scenari che associano 2 interventi

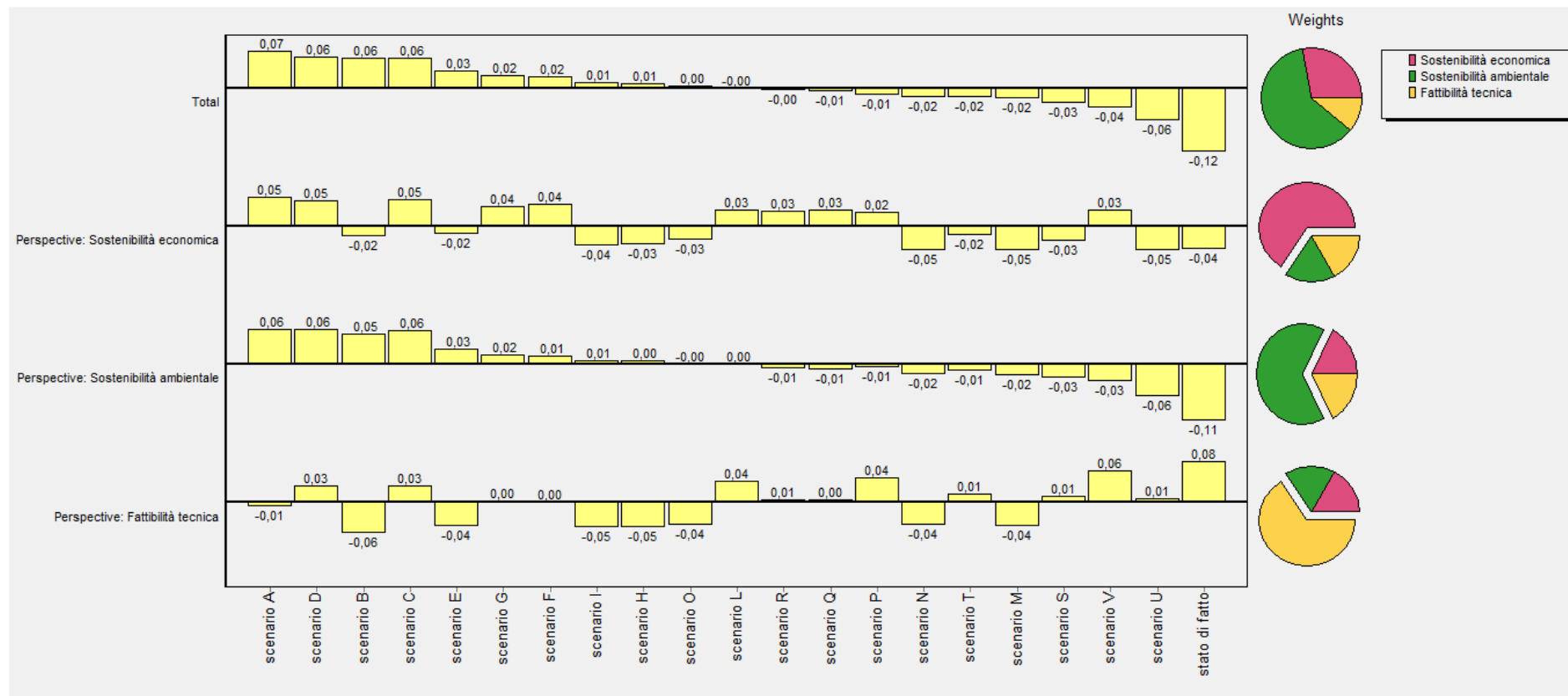


Fig. 6- Risultati analisi multicriterio per gli scenari che associano 3 interventi

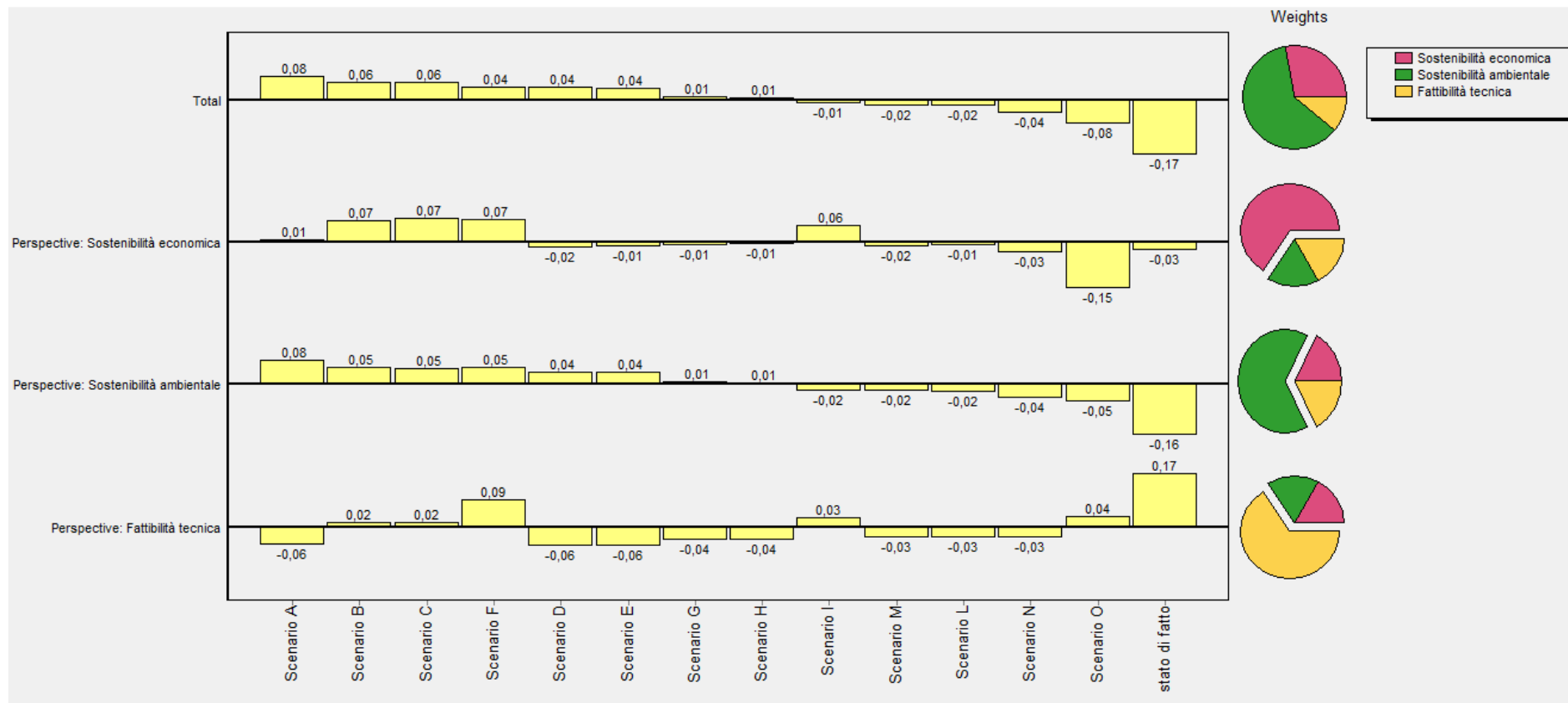


Fig. 7- Risultati analisi multicriterio per gli scenari che associano 4 interventi

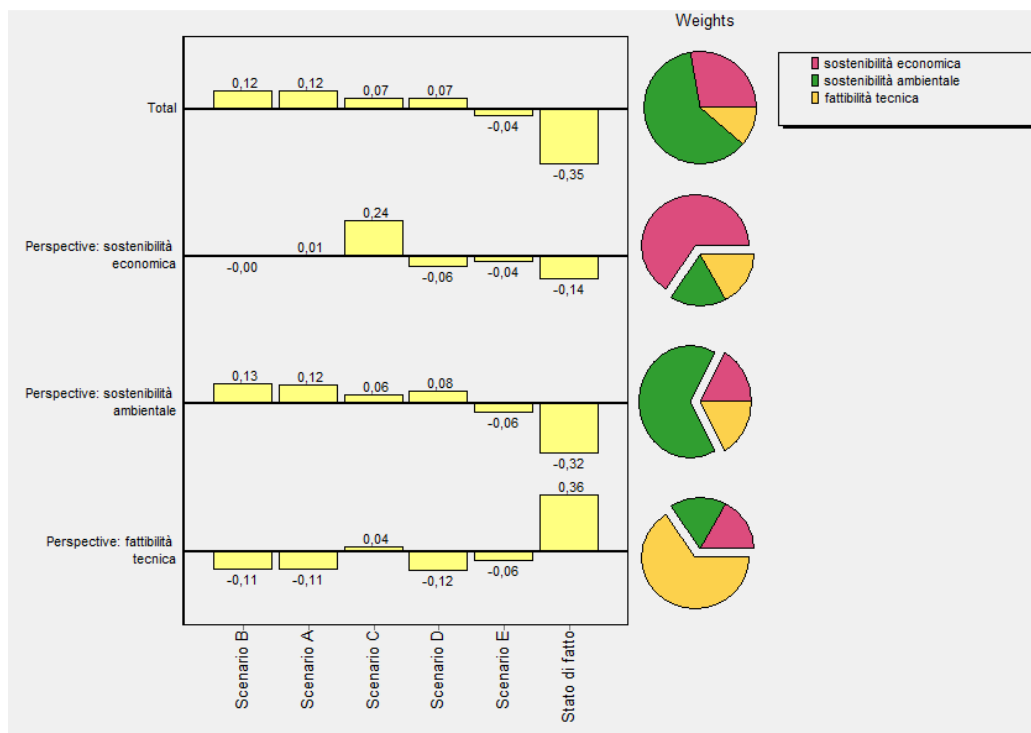


FIG. 8- Risultati analisi multicriterio per gli scenari che associano 5 interventi

Dall'esito delle analisi multicriterio emerge quanto segue:

per gli scenari in cui sono stati associati 2 interventi, lo scenario preferibile o "ottimale" è lo scenario A (Cappotto esterno 2+Tetto Giardino), a seguire tutti gli altri.



per gli scenari in cui sono stati associati 3 interventi, lo scenario preferibile o "ottimale" è lo scenario A (Cappotto esterno 2 + Tetto Giardino + Solaio Controterra), a seguire tutti gli altri.



per gli scenari in cui sono stati associati 4 interventi, lo scenario preferibile o “ottimale” è lo scenario A (Cappotto esterno 2 + Tetto Giardino + Solaio Controterra + PVC_Low-e Argon), a seguire tutti gli altri.



per gli scenari in cui sono stati associati 5 interventi, lo scenario preferibile o “ottimale” è lo scenario B (Cappotto esterno 2 + Tetto Giardino + Solaio Controterra + PVC_Low-e Argon + Sostituzione Caldaia), a seguire tutti gli altri.



5.2 Definizione degli scenari di Progressive Upgrade: da UP_1 ad UP_4

Individuati gli scenari preferibili sono stati definiti gli scenari di Progressive Upgrade, cioè scenari che incrementano in modo progressivo le prestazioni energetiche degli edifici scolastici aumentando la loro classe energetica.

In modo particolare sono stati definiti 4 scenari: UP_1, UP_2, UP_3 e UP_4.

Lo scenario UP_1, che prevede l'associazione di 2 interventi di riqualificazione energetica, fa salire la classe energetica di un livello

Lo scenario UP_2, che prevede l'associazione di 3 interventi di riqualificazione energetica, fa salire la classe energetica di due livelli.

Lo scenario UP_3, che prevede l'associazione di 4 interventi di riqualificazione energetica, fa salire la classe energetica di tre livelli.

Lo scenario UP_4, che prevede l'associazione di 4 o 5 interventi di riqualificazione energetica, fa salire la classe energetica di quattro livelli.

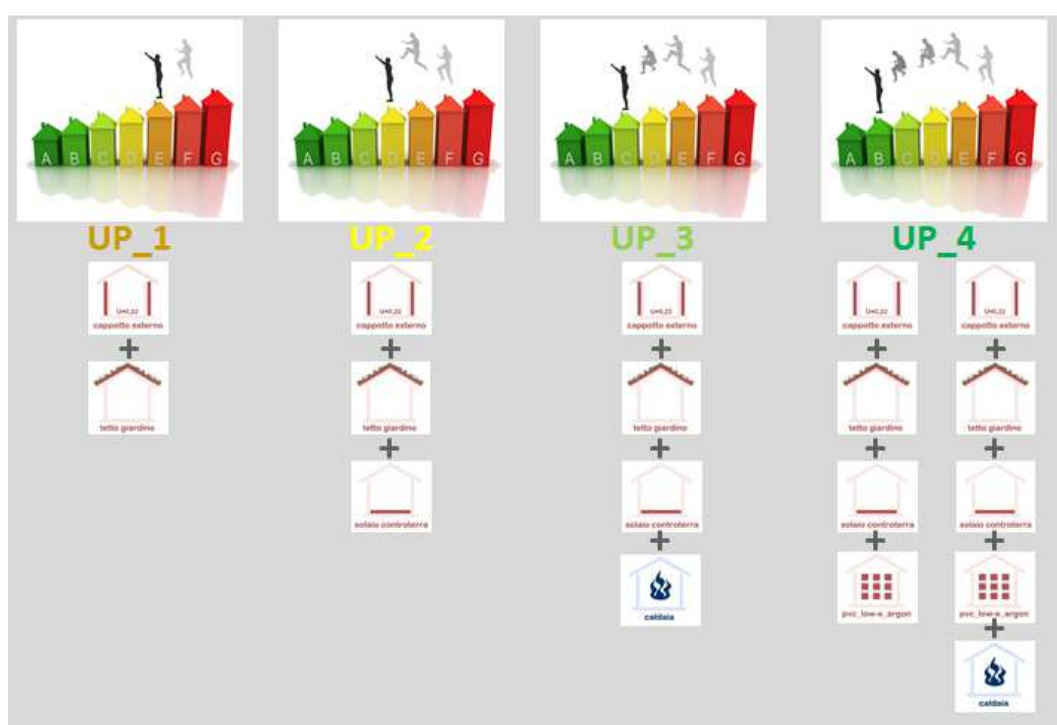


FIG. 9- Scenari di Progressive Upgrade: UP_1, UP_2, UP_3, UP_4

Nella tabella che segue si riportano per ogni Scenario i dati relativi alla riduzione di EPI, di emissione di CO₂, risparmio energetico annuale, risparmio economico annuale e il costo dell'intervento.

	UP_1	UP_2	UP_3	UP_4	
Riduzione EPI (%)	43,92	55,52	60,70	68,13	71,02
Riduzione CO ₂ (%)	43,97	55,11	60,23	67,61	71,85
Risparmio energetico (kWh/anno)	38922,73	47905,29	54468,89	62958,99	69522,59
Risparmio economico (€/anno)	5111	6291	7089	8268	9066
Costo intervento (€)	202075	232140	257140	355340	380340

5.3 Conclusioni e prospettive di ricerca

Nonostante siano trascorsi più di dieci anni dalla Direttiva Europea 2002/91/CE che ha permesso di avviare il meccanismo della riqualificazione energetica nel settore edilizio, reso operativo in Italia in seguito all'emanazione del Decreto Legislativo n. 192/2005¹ e sue integrazioni, nelle regioni meridionali si procede ancora con fatica a far avviare tale processo soprattutto per gli edifici di proprietà degli enti pubblici, come l'edilizia scolastica, a causa delle maggiori difficoltà tecnico-operative, imprenditoriali, professionali ed economiche.

Le elaborazioni condotte in questa ricerca non pretendono di dare una visione esaustiva del comportamento energetico e degli interventi di riqualificazione energetica per gli edifici scolastici del patrimonio napoletano, ma possono essere un punto di partenza da cui muovere ulteriori approfondimenti, per aiutare l'Amministrazione Locale ad avviare una programmazione e pianificazione degli interventi di riqualificazione energetica di tali edifici, in vista anche di quanto stabilito dall'ultima Direttiva Europea 2012/27/CE².

A Napoli gli edifici destinati all'istruzione sono circa 650 di cui 559 di proprietà del Comune. La situazione energetica emersa dall'analisi dei casi studio è molto critica, gli edifici sono altamente disperdenti ed energivori, chi più chi meno a seconda di una serie di fattori (Rapporto di forma, tipologia costruttiva, edilizia ecc.), ma tutti con scarse prestazioni energetiche. Per tale motivo avviare un processo di riqualificazione energetica di tali edifici comporterebbe un notevole risparmio energetico ed economico.

¹ Decreto che ha recepito la Direttiva Europea 2002/91/CE

² La Direttiva stabilisce che ogni Stato Membro dovrà elaborare una strategia a lungo termine, che va oltre il 2020, per incentivare gli investimenti nella riqualificazione di edifici esistenti di proprietà degli enti pubblici al fine di migliorare la prestazione energetica del parco nazionale immobiliare. Tale strategia dovrebbe riguardare ristrutturazioni profonde, che potrebbero essere effettuate anche per fasi, ed efficaci in termini di costi che comportino un ammodernamento tale da ridurre il consumo energetico di un edificio di una percentuale significativa rispetto ai livelli precedenti alla ristrutturazione, conducendo ad una prestazione energetica molto elevata. Inoltre, a partire dal 1° gennaio 2014, ciascun Stato Membro dovrà garantire, ogni anno, che il 3% della superficie coperta utile totale degli edifici riscaldati e/o raffreddati di proprietà dei governi centrali sia ristrutturata e resa energeticamente efficiente. Tale quota si applica a stabili con una superficie coperta utile totale superiore a 500 m². La soglia sarà abbassata a 250 m² a partire da luglio 2015.

Tra le prospettive di ricerca si potrebbe:

- implementare l'anagrafe dell'edilizia scolastica con dati utili per effettuare una diagnosi energetica degli edifici;
- implementare gli scenari individuati considerando sia altri interventi (ad esempio fonti rinnovabili, illuminazione ecc.) che altri indicatori (esempio il tempo di ritorno, ecc.) da inserire nella matrice di valutazione multicriterio;
- utilizzare l'approccio multicriterio anche per gli interventi relativi agli spazi aperti;
- capire in che misura gli interventi sugli spazi aperti incidono sul risparmio energetico dell'edificio;
- elaborare nuovi scenari di riqualificazione energetica associando la metodologia di calcolo della certificazione energetica, l'analisi multicriterio e l'analisi costi/benefici.

Bibliografia e Sitografia

- AA. VV., L'efficienza energetica nei regolamenti edilizi, Linee Guida, Provincia di Milano 2006.
- AA. VV., Certificazione energetica degli edifici, DEI, Roma 2007.
- AA. VV., Guida per la progettazione di edifici a basso consumo energetico, il sole24ore, Milano 2008.
- ANTONINI E, BOERI A., Progettare scuole sostenibili. Criteri, esempi e soluzioni per l'efficienza energetica e la qualità ambientale, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO) 2011.
- ANSELMINI A., "Des ruines antiques qui sont en nous", in L'architecture d'aujourd'hui, EL CROQUIS n.216, 1981.
- ASCIONE P., BELLOMO M., (a cura di) Retrofit per la residenza. Tecnologie per la riqualificazione del patrimonio edilizio in Campania, Clean edizioni, Napoli 2012
- ASQUINI L., BASSI L., OLEOTTO E., Efficienza energetica e sostenibilità. Linee guida per interventi su edifici esistenti e di nuova costruzione con schede di valutazione dei materiali, EdicomEdizioni, Udine 2008.
- BADALONI G., Le malattie della scuola e la loro profilassi, Società Editrice Dante Alighieri, Roma, 1901.
- BAKER N. V., The Handbook of Sustainable Refurbishment: Non-Domestic Buildings, Earthscan, London 2009.
- BARUCCO M., TRABUCCO D., Architettura_Energia, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO) 2007.
- BARUTTI F., La certificazione energetica dell'involucro edilizio, Sistemi editoriali, Napoli 2010.
- BELLOMO M., LOSASSO M., Visione Globale. L'efficienza non può essere valutata in maniera isolata, ma deve misurarsi con la più generale sostenibilità dell'edificio. Che va valutata con un approccio sistemico, Speciale Retrofit, in Costruire n.312, maggio 2009.
- BOARIN P., Edilizia scolastica. Riqualificazione energetica e ambientale. Metodologie operative, requisiti, strategie ed esempi per gli interventi sul patrimonio esistente, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO) 2010.
- CANNAVIELLO M., VIOLANO A. (a cura di). La certificazione energetica degli edifici esistenti, FrancoAngeli, Milano, 2005.
- CLEMENTE C., Sostenibilità, sicurezza ed efficienza energetica nel recupero edilizio, in Ponte n. 4, DEI, aprile 2012.
- CORRADO V., SERRAINO M., Il nuovo quadro legislativo italiano sull'efficienza energetica degli edifici, Rockwool, Milano, 2007.
- CROCE S., "Mode, falsi obiettivi, omissioni nel progetto energetico. Da Wikipedia, allo zero energy building, alle isole di calore e altro ancora" in Modulo n.366, gennaio/febbraio 2011.
- DALL'Ò G., Architettura e Impianti, Cittàstudi, Milano 1994
- DALL'Ò G., Misure integrate di riqualificazione energetica negli edifici INTEREB, INTEGRATED Energy RETROFITTING in Buildings, Progetto Europeo, 2005.
- DALL'Ò G., GAMBERALEM., SILVESTRINI G., Manuale della certificazione energetica degli edifici. Norme, Procedure e strategie d'intervento, Edizioni Ambiente, Milano 2010.
- D'AMBROSIO V., Si può parlare di NZEB quando si opera su edifici esistenti energivori, inquinanti e con scarsa predisposizione alla sostenibilità? In un recente convegno internazionale a Napoli, la sfida europea del retrofit edilizio, le esperienze della Francia e del Regno Unito, in Modulo n. 375, novembre/dicembre 2011.
- DAVOLI P., il recupero energetico ambientale del costruito, Maggioli Editore, Sant'Arcangelo di Romagna (RN) 2010.
- DE SANTOLI L., Energia e Architettura, Edizioni Kappa, Roma 2006.

DE SANTOLI L., La gestione energetica degli edifici, Dario Flaccovio Editore, Palermo 2010.

DUCA G., Il recupero dell'edilizia scolastica a misura di bambino, Fridericiana Editrice Universitaria, Napoli 2008

EPA - Environmental Protection Agency, Energy star. Building Upgrade Manual, USA 2008

ERLACHER P., La riqualificazione energetica degli edifici esistenti, Padovani editrice, 2009

FABBRI K., (a cura di) Linee guida nazionali per la certificazione energetica: lettura e commento del DM 26 giugno 2009, in Rivista Ponte n. 7/8, Roma, 2009.

FILIPPI M., RIZZO G., Certificazione energetica e verifica ambientale dei requisiti, Dario Flaccovio, Palermo 2007.

FRANCO G., Riqualificare l'edilizia contemporanea, FrancoAngeli, Milano, 2003

FUSCO GIRARD L.; NIJKAMP P., Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio, FrancoAngeli, Milano 1997

GENOVESE G., Il Retrofit energetico dell'edilizia scolastica. Linee di indirizzo per la governance dei processi di riqualificazione. Tesi di dottorato di ricerca in Tecnologia dell'Architettura, Dipartimento di Architettura, Università di Napoli 'Federico II', a.a. 2008/2011.

GRASSI W., STATIZZI G., VENTURELLI F., La certificazione energetica degli edifici e degli impianti, Maggioli Editore, Rimini 2007.

GORSE C., HIGHFIELD D., Refurbishment and Upgrading of Buildings, Taylor&Francis, 2009

GROSSO M., Il raffrescamento passivo degli edifici, Maggioli Editore, Rimini 1997.

GROSSO M., PERETTI G., PIARDI S., SCUDO G., (a cura di), Progettazione ecocompatibile dell'architettura. Concetti e metodi, strumenti d'analisi e valutazione, esempi applicativi, Sistemi editoriali, Napoli 2005.

LANDOLFO R., LOSASSO M., PINTO M.R., (a cura di), Innovazione e sostenibilità negli interventi di riqualificazione edilizia, Alinea Editrice, Firenze 2012.

LANNUTTI C., Controllo della qualità tecnico-prestazionale del componente edilizio, Gangemi, Roma 2001.

LAVAGNA M., Efficienza energetica degli edifici. Prestazioni termiche, comportamento ambientale, Rockwool Italia, Milano 2005.

LAVAGNA M., Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale, Hoepli, Milano 2008

LAVERMICOCCA D., La certificazione energetica degli edifici, Utet Scienze Tecniche, Torino, 2009

LEGAMBIENTE (a cura di), Ecosistema scuola. XIV Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi, 2013

LEONE C., Retrofit energetico. Linee guida per la riduzione dei consumi e miglioramento delle condizioni ambientali nell'edilizia scolastica, Tesi di dottorato di ricerca in risparmio energetico e microgenerazione distribuita, CITERA , Università di Roma 'La Sapienza', a.a. 2005/2008.

LEONE M.F., "Riconversione energetica" in Costruire n.282, novembre 2006.

LESCHIUTTA F.E., Nuova architettura per la scuola, Armando editore, Roma 1970.

LESCHIUTTA F.E., Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende-norme-tipi/1949-1974, Bulzoni editore, Roma 1975

LESCHIUTTA F.E., Linee evolutive dell'edilizia scolastica. Vicende- norme- tipi /1949-1985. Seconda edizione aggiornata, Bulzoni editore, Roma 1985

LUCCHI E., "Pianeta scuola" in Modulo n. 362, giugno 2010.

LUCCHI E., "La diagnosi come passo fondamentale per la riqualificazione energetica degli edifici esistenti" in Modulo n. 376, maggio/aprile 2012.

LUCCHINI A., "La riqualificazione energetica dell'esistente" in Modulo n. 345, ottobre 2008.

MALIGHETTI L.E., Recupero edilizio e sostenibilità, ilsole24ore, Milano 2004.

MASOTTI C., Comfort estivo e risparmio energetico in architettura, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN) 2012.

MONTACCHINI E., TEDESCO S. (a cura di), Edilizia sostenibile: requisiti, indicatori e scelte progettuali, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN) 2009.

NOVI F. (a cura di), La riqualificazione sostenibile. Applicazioni, sistemi e strategie di controllo climatico naturale, Alinea editrice, Firenze 1999.

NUZZO E., TOMASINSIG E., Recupero ecoefficiente del costruito. Confronto tra soluzioni migliorative di pareti coperture e solai, EdicomEdizioni, Udine 2008.

OLEOTTO E, Edifici scolastici ecocompatibili, Volume 1, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO) 2006.

OLEOTTO E, Edifici scolastici ecocompatibili, Volume 2, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO) 2007.

PAOLINO L., CAGELLI M., PAVESI A.S., Guida alla progettazione degli edifici scolastici, Maggioli Editore, Sant'Arcangelo di Romagna (RN) 2011.

PETRONI D., Linee guida per la progettazione con i protocolli di sostenibilità Leed e Itaca, Tep srl, Milano 2012

PIGLIA A., L'efficienza energetica come contributo alla sostenibilità ambientale ed economica, effemme arti grafiche, Genova 2012.

RIZZI M., (a cura di), Consigli di risparmio energetico per gli edifici esistenti, Provincia di Udine, 2006.

ROCHE G., La termografia per l'edilizia e l'industria. Manuale operativo per verifiche termografiche, Maggioli Editore, Sant'Arcangelo di Romagna (RN) 2012.

ROMANO R., "Involucro edilizio energeticamente efficiente ed ediliziascolastica" in il Progetto Sostenibile n.31, settembre 2012.

RUSSO ERMOLLI S., D'AMBROSIO V., The building retrofit challenge, Alinea editrice, Firenze 2012.

SAVARESI A., DAVIDE M., Cambiamenti climatici e negoziati: una prospettiva italiana, Ambiente & Sviluppo, Ipsa Inditalia, 4/2012.

SALA M. (a cura di), Recupero edilizio e bioclimatica. Strumenti tecniche e casi studio, Esselibri, Napoli 2001.

SERRA C., "L'edilizia per le scuole del futuro" in UP n. 11, dicembre 2013.

TEDESCO S., Riqualificazione energetico ambientale del costruito. Edifici scolastici, Alinea, Firenze 2010

THORPE D., Sustainable Home Refurbishment, Earthscan, London 2010.

TORRICELLI M.C., La riqualificazione energetica: nuova frontiera per tutti o sfida effimera?, in Costruire in laterizio n. 123, 2008

TREVISI A.S., LAFORGIA D., RUGGIERO F., Efficienza energetica in edilizia, Maggioli Editore, Rimini 2007.

TUCCI F. (a cura di), Efficienza ecologica ed energetica in architettura, Alinea editrice, Firenze 2011.

TUCCI G., Risparmio energetico, il sole 24 ore, Milano 2013.

VOOGD H., Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning, Pion, London 1983

WIENKE U., Manuale di bioedilizia, DEI, Roma 2008.

ZANI M., "RiqualificaCasa: intervenire sull'esistente" in Casa&Clima n. 15, ottobre 2008.

ZECCHIN R., CARRARA G., "Recupero ed efficientazione energetica di un edificio esistente" in La riqualificazione energetica nel RealEstate, il sole24ore, Milano 2010

www.a21italy.it

www.agenda21.it

www.agenziacasaclima.it

www.ambientediritto.it

www.anab.it

www.anit.it

www.annaliistruzione.it

www.arpa.emr.it

www.ase.org

www.autorita.energia.it

www.bioarchitettura.org

www.bre.co.uk

www.casaclima.it

www.casarinnovabile.it

www.celenit.it

www.cifaitalia.it

www.cittadinanzattiva.it

www.cittasostenibili.it

www.cnr.it

www.comune.napoli.it

www.comunirinnovabili.it

www.cti2000.it

www.cresme.it

www.dena.de

www.edilclima.it

www.edilio.it

www.edscuola.eu

www.eerg.it

www.efficienzaenergetica.enea.it

www.enea.it

www.enel.it

www.energystrategy.it

www.energia24club.it

www.energystar.gov

www.energysmartschool.gov

www.epa.gov

www.europa.eu/legislation

www.gazzettaufficiale.it

www.gbcitalia.org

www.gse.it

www.iea.org

www.iccgov.org

www.ilsole24ore.it

www.isocel.it

www.itaca.org

www.kingspan.com

www.kyotoclub.it

www.legambientescuolaformazione.it

www.mygreenbuildings.org

www.pubblica.istruzione.it

www.qualenergia.it

www.quotidianoenergia.it

www.riqualficazioneenergetica.info

www.sacert.it

www.schueco.it

www.uni.it

www.qualenergia.it

www.quotidianoenergia.it

www.uni.com

www.wikipedia.it